



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR INŽENÝRSTVÍ RIZIK

DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

OPTIMALIZAČNÍ MODELY RIZIK V PRODUKCI RYB

OPTIMIZATION RISK MODELS IN FISH PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Franěk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. Pavel Popela, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Martin Franěk
Studijní program:	Řízení rizik technických a ekonomických systémů
Studijní obor:	Řízení rizik ekonomických systémů
Vedoucí práce:	RNDr. Pavel Popela, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21
Ústav:	Odbor inženýrství rizik

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizační modely rizik v produkci ryb

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student si prohloubí znalosti problematiky optimalizačních modelů a metod v návaznosti na své znalosti matematiky a statistiky. V aplikační části se zaměří na příklady z vybrané aplikační oblasti. Prokáže osvojené znalosti při implementaci modelů a algoritmů a při řešení úloh s testovacími daty.

Cíle diplomové práce:

Vybraná třída optimalizačních modelů bude zkoumána z pohledu jejich vlastností a řešitelnosti, dále budou implementovány a testovány vhodné algoritmy s cílem přispět k řešení vybraných úloh s reálnými daty. Pozornost bude věnována efektivitě výpočtů a interpretaci výsledků s ohledem na předpokládaná neurčitá vstupní data.

Seznam doporučené literatury:

- Klapka a kol. Metody operačního výzkumu, Brno 2001
- Pardalos P., Resende M. Handbook of Applied Optimization, Oxford University Press, 2002.
- Williams, H.P: Model Building for Mathematical Programming, Wiley and Sons, 1993.
- Nash, S. et al. (1995): Linear and nonlinear programming. McGraw-Hill.
- Andel, J.: Statistické metody. 2. vyd., Matfyzpress, Praha, 1998.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jana Victoria Martincová, Ph.D.
vedoucí odboru

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá rizikem spojeným s produkcí ryb. Vybraná rizika jdou dále zohledněna. Rizika jsou dále popsána a řešena pomocí FMEA matice. V práci je obsažen matematický model, který řeší optimální obsádku rybníka za účelem maximalizace zisku. Model zahrnuje pevně dané vstupní parametry, mezi které patří cena násadového materiálu a tržní cena ryb. Dále model obsahuje náhodné vstupní parametry, které jsou intervalově omezeny a patří mezi ně koeficient růstu a velikost obsádky. Optimalizační model vychází ze simulovaných dat, které však jsou založeny na reálných datech a statisticky stanovených odhadech. Využitá data jsou zpracována do tabulek v MS Excel pro lepší vizualizaci. Pro softwarovou implementaci modelu je použit software GAMS.

Abstract

This diploma thesis deals with the risk associated with fish production. Selected risks are further taken into account. The risks are further described and addressed using the FMEA matrix. The thesis contains a mathematical model that solves the optimal population of the pond in order to maximize profits. The model includes fixed input parameters, which includes the price of hatchery material and the market price of fish. Furthermore, the model contains random input parameters that are limited by the intervals and includes the growth coefficient and the size of the population in the pond. The optimization model is based on simulated data, which are based on real data and statistically determined estimates. The used data are processed into tables in MS Excel for better visualization. GAMS software is used for software implementation of the model.

Klíčová slova

Optimalizace, riziko, GAMS model, produkce ryb, analýza FMEA, zisk

Keywords

Optimization, risk, GAMS model, fish production, FMEA analysis, profit

Bibliografická citace

FRANĚK, Martin. *Optimalizační modely rizik v produkci ryb*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121413>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor inženýrství rizik. Vedoucí práce RNDr. Pavel Popela, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „*Optimalizační modely při produkci ryb*“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil/a autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl/a nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom/a následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu RNDr. Pavlu Popelovi, Ph.D. za čas, který mi věnoval, odborné vedení a věcné připomínky, které mi pomohly v realizaci této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu nejen při psaní diplomové práce ale i během celého studia. Na závěr bych rád poděkoval své přítelkyni za morální podporu během celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	ÚVOD DO RIZIKA A ŘÍZENÍ RIZIK	12
2.1	Riziko	12
2.2	Náhodnost.....	12
2.3	Pravděpodobnost.....	12
2.4	FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS	13
2.5	Chov ryb v rybnících a struktura produkce.....	13
2.5.1	<i>Struktura produkce</i>	<i>13</i>
2.5.2	<i>Systém produkce ryb v ČR.....</i>	<i>15</i>
2.5.3	<i>Obsádky rybníků a jejich stanovení</i>	<i>16</i>
2.5.4	<i>Prostředí rybníků.....</i>	<i>16</i>
2.6	Rizika spojená s produkcí ryb v rybnících	18
2.6.1	<i>Vliv rybožravých predátorů.....</i>	<i>18</i>
2.6.2	<i>Znečištění vod</i>	<i>19</i>
2.7	Nemoci ohrožující ryby.....	22
2.7.1	<i>Neinfekční a infekční.....</i>	<i>22</i>
2.7.2	<i>Jak poznat nemocnou rybu.....</i>	<i>22</i>
2.7.3	<i>Definice nemocí</i>	<i>22</i>
2.7.4	<i>Detailní dělení nemocí a nejčastější z nich.....</i>	<i>22</i>
3	OPTIMALIZACE.....	25
3.1	Lineární programování.....	25
3.1.1	<i>Tvorba lineárního modelu.....</i>	<i>25</i>
3.2	Celočíselná programování	26
3.3	Stochastické programování	26

3.3.1	<i>Wait-and-See přístup</i>	27
3.3.2	<i>Here-and-Now přístup</i>	27
3.4	Matematický model	27
3.4.1	<i>Základní složky matematického modelu</i>	27
3.4.2	<i>Proměnné a konstanty</i>	28
3.5	Gams – General Algebraic Modeling System	29
3.5.1	<i>Úvod</i>	29
3.5.2	<i>Struktura GAMS programů</i>	30
4	VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	31
4.1	Představení dat využitých v optimalizaci	31
4.2	Návrh optimalizačního modelu.....	40
4.3	FMEA – popis rizik	50
4.3.1	<i>FMEA – Bodové ohodnocení rizik a jejich opatření</i>	53
4.3.2	<i>Definování pravděpodobnosti</i>	56
4.3.3	<i>Definování dopadů</i>	56
4.3.4	<i>Definování detekce</i>	57
4.3.5	<i>Intervalové rozčlenění</i>	57
5	ANALÝZA VÝSLEDKŮ	58
5.1	Analýza výsledků pro optimalizační model z programu GAMS	58
5.2	Analýza výsledků pro matici FMEA	62
6	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
	SEZNAM TABULEK	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71
	PŘÍLOHY.....	72

1 ÚVOD

V dnešní době se s rizikem setkáváme jak v běžném životě, tak i v tom profesním. Lze tedy říct, že se běžný člověk riziku nevyhne bez toho, aby vstal z postele. Ve své diplomové práci s názvem optimalizace rizik při produkci ryb se zaměřím na okruh rizik, který není běžným životě řešen na denním pořádku. Již podle názvu bude zřejmé, kterým směrem se bude moje práce ubírat. Práce bude zejména zaměřena na rybářské hospodářství.

Nejprve si celou problematiku přiblížíme v literární rešerši, a poté se zmíněné problematice budeme věnovat již konkrétněji a podrobněji. Ve své práci se budu snažit najít optimální řešení obsádky rybníka, za účelem maximalizace zisku. Se samotnou maximalizací vznikají další problémy, jedním z nich a zároveň tím největším problémem je udržitelnost rybníku. Je to srovnatelné s obhospodařováním orné půdy. Pokud se o ornou půdu nestaráte, neudržíte její takzvanou „bonitu“, ale pouze se z ní snažíte dostat vše co je možné, tak se stane, že po pár letech může zisk z této půdy klesat, až se jednou dostanu na „nulu“. S rybníkem je to obdobně, je potřeba zachovat nějaké zákonitosti, aby bylo možno rybník, ať už každý rok nebo jednou za dva roky vylovit, a tak z něj mít ten požadovaný výnos.

Nyní se zaměříme na samotnou optimalizaci, která bude zprvu řešena v první části mé diplomové práce. Maximalizace a optimalizace bude řešena v programu GAMS, do kterého bude zařazena celá řada ovlivňujících faktorů, mezi které bude například patřit velikost obsádky (rybník není nafukovací), cena násady, množství zkrmeného obilí za produkční období. Další a velmi důležitou informací, která bude do optimalizace také zařazena bude cena tržních ryb (tato cena nám bude na konci produkčního období tvořit tržby, od kterých budeme odečítat veškeré náklady spojené s provozem rybníka, a tak nám z toho nakonec vyplyne zisk.

V druhé části mé diplomové práce bude řešit rizika, které se nám objevili v průběhu chovu ryb. Tyto rizika se nebudou týkat pouze chovu jako takového, ale jsou do nich zakomponována rizika týkající se i rybníka, protože i ten chov ryb nemálo ovlivňuje. Tato problematika bude řešena pomocí matice FMEA, ve které si veškeré rizika spojené s chovem ryb a rybníkem detailněji představíme a přiblížíme. Dále s nimi budeme pracovat, ve smyslu, že se na ně budeme snažit najít adekvátní opatření/řešení, které by tyto rizika mohlo zmírnit.

V samotné diskusi budeme porovnávat námi dosažené výsledky. K porovnání nám budou sloužit dva až tři reálné rybníky, která však nejsou založena na optimalizaci, ale zakládají se na know

how rybníkáře. Nutno podotknout, že tyto rybníky nebudou úplně typově stejné jako náš rybník v optimalizace, protože se snažíme o vytvoření něčeho nového.

V závěrečné fázi diplomové práce budeme diskutovat o možné implementaci naší optimalizace do reality, která by mohla být součástí dvou až čtyřleté práce, kvůli získání dat k porovnání.

2 ÚVOD DO RIZIKA A ŘÍZENÍ RIZIK

2.1 RIZIKO

Definice pro „riziko“ není přímo daná, protože nevíme, o jaké riziko se přímo jedná. Každé odvětví, problematika či obor má svoji definici pro pojem riziko, proto jej nelze přímo popsat jednou definicí. Můžeme však vyhradit tři skupiny definic, a to technické, sociální a ekonomické. Riziko lze chápat jako: a) nebezpečí psychické, fyzické nebo ekonomické újmy,

b) pravděpodobnost vzniku škodné události,

c) nebezpečí zvyšující četnost a závažnost ztrát.

Za riziko se považuje nebezpečí, objekt vystavený nebezpečí nebo pravděpodobnost [1].

2.2 NÁHODNOST

Mnoho lidí si myslí, že definovat náhodnost je jednoduché, ale ve skutečnosti pak je pravdou. Je velmi obtížné vytvořit náhodné události nebo posloupnosti čísel, aby se dalo ověřit, zda jsou skutečně náhodné [2].

Nejjednodušší by bylo definovat náhodnost jako sérii událostí, které se odehrávají bez jakéhokoliv smyslu nebo nezávisle na jakémkoliv možném pravidle. Náhodné je to, co nemá ani příčinu, ani význam. Náhodné je to, co nemá příčinu ani význam. Můžeme docela snad dojít k závěru, že určitá posloupnost čísel je náhodná, jestliže nemůžeme rozpoznat jakékoliv pravidlo, které by tuto posloupnost ovládalo [2].

Dalo by se dokonce říct, že definice náhodnosti je svým způsobem paradoxní. Aby bylo něco náhodné, musí to splňovat velmi dobře definované podmínky [2, 31].

2.3 PRAVDĚPODOBNOST

Při analyzování rizika se setkáváme s pojmem pravděpodobnost. Zvláště když se snažíme odhadovat s jakou pravděpodobností nastane určitá událost (negativní/ pozitivní). Řeší se odhad pravděpodobnosti, protože na stanovení pravděpodobnosti využíváme nejisté vstupy. Tento odhad pravděpodobnosti je však možné použít pouze v případech, že máme k dispozici dostatečné množství dat, které nám popisují podobné jevy nebo události stejného charakteru, ze kterého poté vyplyne sledovaná událost [3, 31].

Abychom mohli definovat pravděpodobnost, musíme ji nejdříve rozdělit na klasickou a statistickou. Klasická pravděpodobnost se definuje jako pravděpodobnost dané události, ale pouze za přesné znalosti náhodného chování jevu. Oproti tomu je statistická pravděpodobnost definovaná na základě počtu pokusů, které se realizovali při dané události a považujeme ji za odhad [1].

2.4 FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) je systematický soubor činností prováděných za účelem vyhledání a vyhodnocení možné chyby (rizika) výrobku nebo procesu a důsledky této závady identifikovat, následně určit a zavést takové opatření, které bude tak účinné, aby bylo riziko omezeno na minimum.

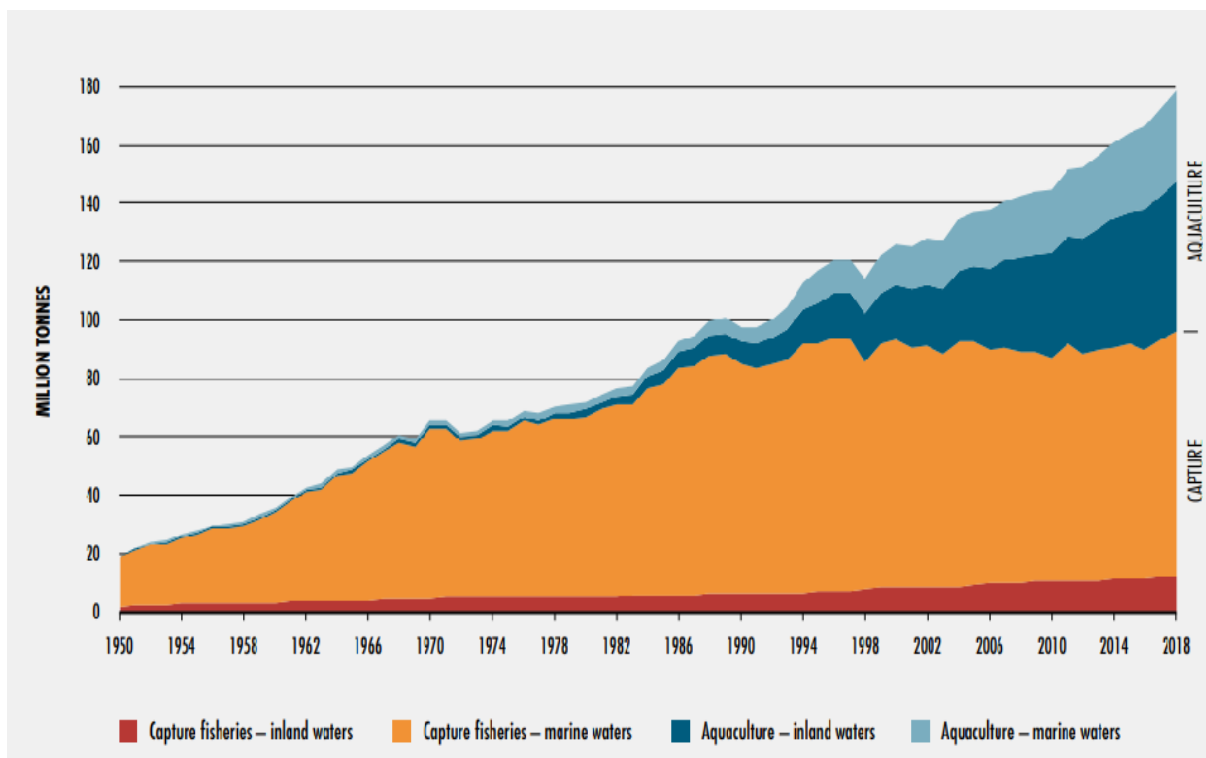
První formální FMEA byly provedena v leteckém průmyslu v polovině 60. let, kde byla konkrétně zaměřena na bezpečnostní otázky. Zanedlouho se FMEA stala klíčovým nástrojem pro zvýšení bezpečnosti v jakémkoliv průmyslu. Cílem bezpečnostních opatření bylo a stále zůstává zabránit nebezpečným nehodám a incidentům. FMEA může být také použita netechnickými a technickými zaměstnanci všech úrovní [4].

2.5 CHOV RYB V RYBNÍCÍCH A STRUKTURA PRODUKCE

2.5.1 Struktura produkce

V dnešní době se pohybuje světová produkce ryb a ostatních vodních organismů na čísle převyšující 150 milionů tun. Největší část téhle produkce tvoří ryby ulovené v mořích, dále pak ryby brakických i sladkých vod, v neposlední řadě ryby vyprodukované ve speciálních zařízeních zvaných akvakultury. Postupem času došlo k nárůstu vyprodukovaných ryb v akvakulturách, zatímco množství ulovených ryb stagnuje. V dnešní době již tvoří akvakultury 40% celkové produkce ryb. Akvakultury jsou zcela jistě výborné k tomu, že napomáhají k záchraně ohrožených druhů. [5]

Na obrázku č. 1 lze vidět světovou produkci ryb. Tato produkce se týká nejen sladkovodního hospodářství ale i mořského. Do produkce je zahrnut chov ryb akvakultuře (aquaculture) zároveň i s ulovenými rybami (capture). Na obrázku je dále detailněji rozdělena produkce ryb na ryby ulovené ve vnitrozemí (capture fisheries – inland waters), ryby ulovené na moři (capture fisheries – marine waters), ryby produkované akvakulturou ve vnitrozemí (aquaculture – inland waters) a ryby produkované mořskou akvakulturou (aquaculture – marine waters). [28]



Obr. č. 1 Světová produkce ryb [28]

Historie produkce a chovu

Počátky chovu ryb respektive „staveb rybníčků“ sahají až do 3. tisíciletí před naším letopočtem do Číny. První zmínka o rybníčku je však udávaná z období před 4500 lety ze starověkého Sumeru. V Evropě je chov ryb spojen až s rozkvětem Řecké a Římské říše. V našich zemích dosáhlo rybníkářství největšího rozkvětu na přelomu 16. a 17. století, kdy v té době byla celková plocha rybníků asi 4x větší, než je v současné době. Od 17. století rybníkářství v ČR mělo kolísavý trend. Až v polovině 19. století došlo k mírnému vzestupu rybníkářství v ČR a toto období určuje trend až do přítomnosti, což můžeme vidět v tabulce č. 1. České rybníkářství je spojeny se jmény Vilém z Pernštejna, Jan Dubravius, Štěpánek Netolický, Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan a Josef Šusta.

Tab. č. 1 Vývoj výměry obhospodařovaných rybníků na území dnešní České republiky [vlastní zpracování] [26]

Období/rok	Rozloha v hektarech
koncem 13. století	cca 10 000
začátek 16. století	cca 100 000
kolem roku 1585	cca 180 000
po roce 1918	10 852
1925	49 045
1930 - současnost	průměrně cca 40 000

2.5.2 Systém produkce ryb v ČR

Systém produkce v ČR nevychází pouze jen z chovu ryb v rybnících, ale je doplněna chovem ryb v akvakultuře. Chov ryb v rybníce je orientován především na produkci kapra. Dále je tato produkce doplněna i ostatním druhy ryb.

„Jedná se o chov ryb v přirozených podmínkách, v relativně přirozeném ekosystému, vycházející z využití přirozené potravní denní nabídky a respektují denní a roční dynamiku fyzikálních a chemických parametrů prostředí. Principem je využití přirozené produkce poskytované rybničním ekosystémem. Kombinace několika druhů ryb s odlišným neb jen mírně se překrývajícím potravním spektrem umožní její maximální využití [5].“

Díky zařazení dravých druhů ryb je snížen výskyt drobných, hospodářsky méně významných, převážně kaprovitých ryb, které by v opačném případě konkurovali při získávání potravy. Tyto více druhové obsádky se nazývají polokulturní.

Cílem produkce ryb v rybničním prostředí je maximální využití přirozené potravy pro vytvoření přírůstku. Tuto produkci lze i jistým způsobem podpořit, nebo zvýšit, a to příkrmováním. Nejčastěji se příkrmuje sacharidovými krmivy, mezi které patří obiloviny (pšenice, kukuřice). Příkrmování se bere pro rybu pouze jako doplněk stravy, který však významně ovlivňuje kvalitu finálního produktu. Dalo by se to přirovnat ke sportovcům, kteří konzumují nad rámec své denní dávky jídla proteinové šejky [5].

Při tradičním chovu ryb, se pak finální produkt nazývá tržní ryba a je zpravidla 3-4 roky stará. A podle situace se dělí na lehčí a těžší tržní rybu [5].

Tab. č. 2 Produkce ryb v ČR [vlastní zpracování] [20]

Druhové složení ryb vyprodukované chovem v ČR v letech 2015-2019 [t]						
Vybrané druhy ryb	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr za posledních 5 let
Kapr obecný	17860	18362	18460	18430	17945	18211,4
Býložravé ryby	822	1063	1243	1076	1092	1059,2
Lín obecný	152	157	158	147	142	151,2
Dravé ryby	213	230	275	259	242	247,4
Celkem	19047	19812	20136	19912	19421	19 665,6

V tabulce č. 2 můžeme vidět druhové složení ryb, které byly produkovány v České republice během posledních pěti let. Především rok, tedy 2019 bude nejspíše zveřejněn až koncem léta, proto jsou v tabulce uvedeny roky 2014-2018. Zde se do býložravých ryb řadí Amur obecný, Tolstolobik bílý a pestrý. Dravé ryby zahrnují Štiku obecnou, Candáta obecného a Sumce velkého [20].

2.5.3 Obsádky rybníků a jejich stanovení

Pod pojmem obsádka rybníka si představíme, druhové složení ryb v daném rybníce, jejich počet a věkovou kategorii. Cílem správného stanovení obsádky není jen naplno využít potenciál rybníka a mít z toho co nejvyšší zisk, je také zapotřebí hlídat základní ekologické funkce rybníka.

Pro stanovení optimální obsádky rybníku existují různé způsoby. Optimální obsádku lze stanovit paušálně, tak i výpočtem. Stanovení obsádky výpočtem bere v potaz daleko více proměnných, které se pak ve vzorcích promítnou, a proto je přesnější. Paušální stanovení, je založeno na ploše rybníka. Doporučované hustoty obsádky jednotlivých druhů jsou uváděny v intervalu hodnot, který je dosti široký. Nakonec se chovatel rozhoduje podle vlastností rybníka a také podle zkušeností [7].

2.5.4 Prostředí rybníků

Pro vytvoření vhodného prostředí chovu ryb je důležité ledovat kvalitu a vlastnosti vody. Dále pak stav rybníčního dna, které hraje obrovskou roli v úspěšné produkci ryb. Nejdůležitější je pro ryby vytvořit optimální prostředí, ve kterém bude zaručen jejich vývoj a růst. Vytvoření optimálních podmínek pro chov nejen ryb se nazývá welfare [7].

Rybník

„Rybník je vodní dílo, které je vodní nádrží určenou především k chovu ryb, ve kterém lze regulovat vodní hladinu, včetně možnosti jeho vypuštění a slovení. Je tvořen hrází, nádrží a dalšími technickými zařízeními.“ (zákon 99/2004 Sb., o rybářství)

Rybník je tvořen hrází, vodní plochou a zařízeními sloužícími k manipulaci s vodou. V rybníce dále nalezneme prvky, které jsou nezbytné k chovu ryb. K rybníku taktéž patří stoky (náhony), které mohou být uvnitř rybník nebo vedle něj [7].

Rybniční dno

Složení rybničního dna nám ovlivňuje roztřídění rybníků na rybníky s písčítým, hlinitým nebo jílovým dnem. Tato skutečnost je odvozená od původu mateční horniny, na které rybník stojí. Vzhledem k tomu, že rybník zde stojí již řadu let, je rybniční dno a jeho struktura ovlivněna mnoha faktory (přítok, způsob hospodaření, hospodářkou činností). Rybniční dno lze rozdělit na 3 vrstvy, a to na vrstvu aktivního bahna, vlastní vrstvu bahna a spodní vrstvu bahna. Spodní vrstva je určeno podle toho, na jakém základu, jaké hornině byl rybník postaven. Pro hospodáře je důležitá vlastní a aktivní vrstva bahna. Tyto dvě vrstvy zaručují přísun primární potravy pro ryby a tím pomáhají s následnou produkcí [7].

Rybniční voda, a její vlastnosti

Podle toho, k čemu se rybník využívá tak se mění požadavky na kvalitu a vlastnosti vody. Níže popsané vlastnosti se budou týkat rybníků vhodných k chovu ryb.

Jedním z prvních a podstatných parametrů je hloubka rybníku, které nám ovlivňuje jeho úrodnost. Největší přirozená produkce, tedy váhový přírůstek ryb je dosahována v mělčích rybnících, protože se voda dříve a lépe prohřívá a díky ryby dříve začínají přijímat potravu. Optimální hloubka se pohybuje někde mezi 1 – 1,5 m, aby byla zaručena co největší přirozená produkce.

Jedním z dalších faktorů, které ovlivňují úrodnost rybníka je teplota vody. Tento parametr je velmi úzce spjat s polohou rybníka, průtočností rybníka, nadmořskou výškou a jeho hloubkou. Optimální teplota v rybníce by se měla pohybovat mezi 20-26 °C, kdy ryba nejlépe přijímá potravu [7].

2.6 RIZIKA SPOJENA S PRODUKČÍ RYB V RYBNÍCÍCH

2.6.1 Vliv rybožravých predátorů

Za posledních dvacet let se rybí predátoři stali jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících či poškozujících rybí osídlení, ať už pstruhových nebo mimo pstruhových vod. Nicméně, většina z těchto živočichů jejichž hlavní složkou potravy jsou ryby, tak se řadí mezi chráněné druhy. Toto zařazení však značně komplikuje omezení jejich někdy až devastačního vlivu na rybí populace. Mezi nejvíce škodící rybí predátory řadíme Kormorána velkého, Vydru říční a Volavky popelavou a bílou. Jejich škody jsou vyčíslené v tabulce č. 3. Škody na rybách dále způsobují norek americký, volavka bílá, čáp černý a ledňáček říční [7].

Kormorán Velký (Phalacrocorax carbo)

Je to tažný pták, který obývá téměř celou planetu. Může se potopit až do hloubky 30 metrů, kde na jedno nadechnutí dokáže vydržet až 70 vteřin. Denně může kormorán zkonsumovat až půl kilogramu ryb, o velikosti jedné ryby do 25 centimetrů, a tak je pro rybáře velkou hrozbou a je schopný napáchat obrovské škody [21].

Volavka Popelavá (Ardea cinerea)

Nejběžnější a nejrozšířenější volavka v Evropě. Při lovu spoléhá volavka na techniku „kradmého číhání“ a její rychlé reakce. Stojí na okraji vody a sleduje pohyby ryb v blízkosti, pokud se některá z nich přiblíží na dosah útoku, tak se volavka mírně nakloní nad vody a rychlým útokem nabodne rybu na zobák. Malé ryby polyká celé, větší si odnáší na souš [21].

Vydra Říční (Lutra lutra)

Je dobře přizpůsobená životu ve vodě. Vydra má vodotěsnou srst, tlapy s plovacími blánami a tuhé vousy, pomocí kterých může vnímat elektrické impulsy vznikající při pohybu kořisti. Loví převážně ryby, a nejvíce je aktivní za šera na nebo v noci [21].

Tab. č. 3 Problematika rybožravých predátorů [vlastní zpracování] [20]

Škody způsobené rybožravými predátory za posledních 5 let [tis. Kč]						
Živočich	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr za 5 let
Kormorán velký (hnízdící populace)	19 323	21 109	17 419	19 767	15 905	18 704,6
Kormorán velký (zimující populace)	153 847	170 107	118 611	110 658	128 336	136 311,8
Volavka *	49 058	43 776	44 755	42 410	40 099	44 019,6
Vydra říční	68 092	74 472	84 484	89 491	103 105	83 928,8
Celková škoda	290 320	309 464	265 269	262 326	287 445	282 964,8

* Počet jedinců a způsobené škody se týkají volavky popelavé i volavky bílé.

2.6.2 Znečištění vod

Za poslední století se zhoršení kvality vody působení lidské činnosti stalo jedním ze zásadních problémů, které ovlivňují kvalitu života ve vodě a její využitelnost nejen pro rybářské účely, ale také pro účely hospodářské a rekreační. I když došlo za poslední desetiletí k výraznému zlepšení, tak i přes to zůstává znečištění problémem v řadě evropských řek a povodí [7].



Obr. č. 2 Znečištění vody sinicemi [25]

Vodní prostředí samo osobě má mimořádnou funkci, a to odbourávat znečištění. Tento proces se nazývá samočištění. Na procesu samočištění se podílí nejen fyzikální, chemické ale i biologické procesy. K chemickým procesům, které pomáhají rozkládat znečišťující látky patří oxidace, mezi fyzikální procesy řadíme rozměňování větších částic, které se poté lépe usadí, a hovoříme tedy o sedimentaci. K biologickým procesům řadíme mineralizaci, kdy destruenti rozloží organické látky na látky minerální [7].

„Důležitá je také teplota vody (při vyšší teplotě je samočištění rychlejší) a kyslíkové poměry (čím více kyslíku, tím rychlejší jsou i tyto procesy).“ [7]

Komunální (splaškové) znečištění

Toto znečištění je dáno především odvodem odpadní vody veřejnými kanalizacemi, které vycházejí z každé domácnosti. Způsob života obyvatel značně ovlivňuje složení a množství odpadu. Dále jsme zařadíme technickou vybavenost domácností a jejich životní úroveň, tyto dva aspekty také velmi ovlivňují velikost a složení odpadu. Hlavní podíl v komunálním znečištění mají různé organické zbytky a fekálie, a proto tyto odpady nazýváme jako hnilobné, které přímo do toků dostávají pouze výjimečně, a to pouze nedovoleným způsobem. Většina splaškových odpadů je u nás čištěna v čistírnách odpadních vod [7].

Průmyslové znečištění

Pokud budeme řešit průmyslové znečištění, které je velmi různorodé, musíme si prvně položit otázku, z jakého průmyslového odvětví pochází. V současnosti se však s průmyslovým znečištěním můžeme setkat pouze při havárii, protože veškeré odpadní vody jsou před vypuštěním do toků čištěny [7].

Odpadní vody z potravinářského průmyslu a papíren mají blízké složení jako splaškové vody, a proto se často čistí společně. Naopak odpadní vody ze strojírenského, chemického, textilního a sklářského průmyslu obsahují látky, které mohou způsobit úhyn ryb, popřípadě jejich kumulací mohou být škodlivé pro lidské zdraví. Aby nebyli konzumenti rybího masa ohroženi, jsou stanoveny hygienické limity těchto nebezpečných látek [7].

Zemědělské znečištění

Na své poměry produkuje zemědělství relativně málo odpadních vod. Tyto odpadní vody jsou však vysoce koncentrované jako například kejda, močůvka a silážní voda. Obsahují velké množství organických látek, které podléhají hnilobnému rozkladu, a v některých případech mohou

být i vysoce toxické a pokud se dostanou do povrchových vod tak to je velmi pravděpodobné, že to bude pro tamější život letální [7].

Nejvyšší podíl na zemědělském znečištění mají silné deště a tání sněhu. Deště a tání sněhu zapříčiní plošné znečištění, kdy při jejich splachu jde do toku jak pevné, tak tekuté hnojivo z pole nebo aplikované pesticidy. Silnější srážky mohou způsobit i oplach nedokonale ošetřené ornice, která zanášá rybníční dno a snižuje tím tak plochu pro chov ryb [7].

Pokud nemají zemědělská střediska dostatečně zabezpečeny pesticidy, hnojiva a ropné látky, hrozí jejich únik při přivalových deštích. tato situace se již řadí mezi havárie a nakládá se s nimi podle předem stanoveného protokolu [7].

Ostatní zdroje znečištění

Zdrojů, které mohou znečistit či jinak znehodnotit je mnoho. Jedním z příkladů je znečištění z atmosféry. Dále také se ze vzduchu do vody dostávají nebezpečné látky při spalování fosilních paliv a ze spalovacích motorů, nedílnou součástí toho znečištění je i průmysl [7].

Bohužel, jednou z největších příčin znečišťování rybníků je stále člověk. Ne nadarmo se říká, že je člověk největší hrozbou sám sobě. Na obrázku číslo jedna lze vidět, jak lidská nátura může být bezohledná k životnímu prostředí [7].



Obr. č. 3 Znečištěný rybník [27]

2.7 NEMOCI OHROŽUJÍCÍ RYBY

V dnešní době je mnoho onemocnění, které ohrožují chované ryby. Některé jsou nové, a některé jsou tu s námi už celý věk. Základní dělení onemocnění je na infekční a neinfekční. Podrobněji je popíšeme v dalších kapitolách.

2.7.1 Neinfekční a infekční

Neinfekční nemoci mají většinou charakter mechanické ho poranění kůže ryb nebo jejich šupin. Do této skupiny řadíme i otravy ryb, či nemoci způsobené špatným krmením. Neinfekční nemoci jsou v menší nebo větší míře nebezpečné pouze pro samotnou rybu. Pro ryby v jejím okolí nepředstavují žádnou hrozbu. Tyto onemocnění nejsou nakažlivé.

Infekční nemoci jsou pravým opakem neinfekčních nemocí, mají totiž vysoký potenciál nebezpečí pro celý rybník [8].

2.7.2 Jak poznat nemocnou rybu

Nemocnou rybu není vždy tak lehké poznat. Pokud se jedná o mechanické onemocnění tak lze většinou vidět pouhým okem, avšak opravdu nemocná ryba se rozpoznává velmi špatně. Pokud je ryba zdravá, má obvykle rychlé reflexy, neponičenou kůži nebo šupinový vzorec, čisté žábry nebo jiskrné, nezakalené oko [8].

2.7.3 Definice nemocí

Nemoci u ryb mají 3 stádia. První stádium je latentního typu, kdy příznaky nemoci nejsou ještě tolik zřetelné. Dále to přechází do stádia prodromálního, kde již jde patřit u ryb první příznaky nemoci (nechutenství, ztráta únikového reflexu). Poledním stádiem je stádium manifestační. Je to období, kdy se u ryby na plno projeví nemoc [10].

Nemoci dále můžeme dělit také podle intenzity projevů a doby trvání. Dělíme je na překotné, které trvají většinou jenom pár minut a často končí úmrtím ryby. Dále akutní, u kterých se příznaky projevují po několika hodinách, ale mají rychlý průběh. Poslední typ je chronické onemocnění, které se může projevovat velmi pomalu v průběhu měsíců nebo roků a nemusí se projevovat vůbec agresivně [9].

2.7.4 Detailní dělení nemocí a nejčastější z nich

Nemoci může rozdělit konkrétněji na virózy, mykózy, parazitózy a bakteriózy. V běžném životě se velmi často tává, že vyvolává jednu druhou.

Virémie kaprů

Podle názvu je již zřejmé, že toto virové onemocnění napadá převážně kapry, a to v období jara. Mezi prvotní příznaky tohoto onemocnění patří hromadění ryb u břehu a ztráta jejich reflexů. Toto onemocnění může zapříčinit úhyn celkové obsádky rybníku. Ryby nakažené virémií jsou nafouklé, mohou mít vypoulené oči a odstávají jim šupiny. Dále mohou mít krevní sraženiny na žábrech a kůži [9].

Kapří herpesviróza

Herpesvirus CyHV-1, CyHV-2, virové onemocnění, které nejčastěji napadá kapra obecného, ale i kapra KOI a občas i karasy stříbřité. Má podobné symptomy jako viremie. Nakažení jedinci se hromadí u břehu a jsou apatičtí, nebo právě naopak jsou extrémně pohybliví až hyperaktivní. Herpesvirus může mít na svědomí celou obsádku stejně jako virémie. Projevu herpesviru jsou poměrně jednoznačné. Ryba nakažená herpesvirem má zapadlé oči, anemické žábry, oslizlou kůži a žábra či krvavé fleky na ploutvích nebo kůži [9].

Erythrodermatitida

Je to onemocnění, které nepostihuje jenom kapry, ale i cejny, štiky a karasy. Jde o bakteriální onemocnění. Pokud je ryba nakažená erythrodermatitidou, uchyluje se do zarostlých částí rybníku, nepřijímá potravu a dochází k atypickému zbarvení (ztmavne). Na jejich těle se objeví ložiska, která mají zánětlivý původ. V pokročilém stádiu onemocnění se tyto ložiska rozšíří, a dochází až k odhalení svaloviny [10].

Skvrnitost ryb

Nepříjemné onemocnění, které napadá mnoho druhů ryb. Mezi nejvíce ohrožené druhy patří cejní, štiky, candáti, plotice, tolstolobici a lipani. Projevy skvrnitosti se dají rozeznat velmi jednoduše. Tělo poškozených ryb ztrácí šupiny a objevují se zde rudé fleky, ze kterých vznikají bolestivé vředy [10].

Povrchové zaplísnění ryb

Onemocnění, které nejčastěji vzniká po mechanickém poranění ryby. Na místě, kde k mechanickému poranění došlo vznikají časem bílé chomáčky, které mají tendenci se rozšiřovat nejenom po povrchu rybího těla, ale také i na jejich orgány. Onemocnění je plísňového původu, a mohou jim trpět všechny druhy sladkovodních ryb [8].

Ichtyobodóza

Ichtyobodóza je onemocnění, které postihuje sladkovodní ryby. Mezi nejvíce ohrožené druhy ryb patří ryby bez šupin, například sumec. Nemoc je způsobená parazitem, který hoduje na hostiteli a vysává jej. Přítomnost parazita jde poznat podle šedomodrých okrsků, které lze nalézt na kůži, ploutvích, anebo našedlými žábami. Pokud je ryba nakažena, tak hyne ve velkém množství velmi překvapivě na udušení [8].

Další onemocnění

Kromě již zmíněných onemocnění, mohou sladkovodní ryby být napadeny celou řadou parazitů nejenom na povrchu těla, ale i uvnitř. Samotná ryba může sloužit jako hostitel nebo mezihostitel [8].

3 OPTIMALIZACE

Optimalizačnímu problému rozumíme jako úloze, kde se snažíme najít optimum, a to buď minimum nebo maximum dané funkce za pevně stanovených podmínek. Pokud řešíme ekonomické úlohy, je potřeba nezapomenout na tzv. „podmínku nezápornosti“ aby bylo možné úlohu řešit. Při hledání optima funkce za předem daných podmínek, je potřeba určit hodnoty proměnných tak, aby splňovaly stanovené podmínky a současně optimalizovaly hodnotu funkce. Při optimalizace využíváme jako jeden z nástrojů řešení programování [11].

3.1 LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Počátky lineárního programování se datují do přelomu třicátých a čtyřicátých let minulého století. Jako první v roce 1939 formuloval některé optimalizační úlohy do tvaru lineárního programování sovětský vědec L. V. Kantorovič a navrhl i metodu jejich řešení. Avšak o největší zásluhy, co se týče posunu v teorii lineárního programování se mezi lety 1947-1949 zasloužili G. B. Dantzig, R. Hurwitzem a T.S. Koopmansem, kteří zformulovali všeobecnou úlohu lineárního programování, na kterou poté vyvinuli simplexový algoritmus na její řešení [15].

Lineární programování je bezpochyby nejpřirozenějším mechanismem k formulaci velkého množství problému využití co nejmenšího úsilí. Jak již název napovídá, tak problém lineárního programování je charakterizován lineárními funkcemi, lineární rovností nebo nerovností. Pokud se ve funkci objevují výrazy jako e^x nebo x^2 , je v rovnici porušena linearita a úlohu je zapotřebí řešit s využitím nelineárního programování [14].

3.1.1 Tvorba lineárního modelu

Lineární model vyžaduje lineární účelovou funkci a omezení ve formě lineárních rovnic a nerovnic. Přesná forma těchto omezení se může lišit od případu k případu, ale jakýkoliv lineární program lze transformovat do následující obecné formy:

$$\begin{aligned} &\text{minimalizace } c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ &\text{za podmínek } a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ &\qquad\qquad\qquad a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ &\qquad\qquad\qquad \cdot \qquad\qquad\qquad \qquad\qquad\qquad \cdot \\ &\qquad\qquad\qquad \cdot \qquad\qquad\qquad \qquad\qquad\qquad \cdot \\ &\qquad\qquad\qquad \cdot \qquad\qquad\qquad \qquad\qquad\qquad \cdot \\ &\qquad\qquad\qquad a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{aligned}$$

kde $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$,

kde b_i , c_i , a a_{ij} jsou pevně dané konstanty a x_i jsou proměnné. Vždy předpokládáme, že každá rovnice byla vynásobena -1 , pokud je nutné, aby každý $b_i \geq 0$ [14].

O nelineárním programování pak hovoříme, pokud jsou některé výrazy v omezeních nebo účelové funkci nelineární [32].

3.2 CELOČÍSELNÁ PROGRAMOVÁNÍ

Pro lineární programování je typické, že proměnné mohou nabývat libovolných reálných hodnot. Speciálním případem lineárního programování je celočíselné programování, které se zabývá řešením úloh lineárního programování kde je zapotřebí aby proměnné nebo jejich část nabývala celočíselných hodnot. Mnoho problémů z praxe vede k celočíselnému programování. [12]

Obecnou úlohou celočíselného programování rozumíme jako úlohu:

$$\begin{aligned} & \text{minimalizace } f(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ & \text{za podmínek } g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m, \\ & x_j \in M_j \subseteq Z, j \in J, \end{aligned}$$

kde $J \neq \emptyset, J \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ a Z je množina reálných čísel [13].

3.3 STOCHASTICKÉ PROGRAMOVÁNÍ

Stochastické programování je ve své podstatě modelování problémů, které zahrnují nejistotu. Veškeré problémy v reálném světě zahrnují parametry, které nejsou v době rozhodování známe, oproti tomu problémy s optimalizací jsou formulovány s již známými parametry. V případě, že jsou parametry nejisté, předpokládá se, že leží určité množině možných hodnot, ve kterých je možné hledat řešení, které je proveditelné pro všechny možné volby parametrů a optimalizuje danou účelovou funkci. Modely stochastického programování se často snaží využít skutečnosti, že rozdělení pravděpodobnosti, která mají vliv přímo na optimalizaci, jsou známa nebo je lze odhadnout. Cílem je pak najít například řešení, které je přípustné pro všechny možné realizace parametrů a optimalizuje míru očekávání určité funkce při rozhodnutí a náhodných proměnných [16,18].

Pro řešení stochastických problémů existují dva přístupy.

3.3.1 Wait-and-See přístup

První přístup se nazývá „wait-and-see“. Ve volném překladu znamená „počkej a uvidíš“ a je založen na odkládání rozhodnutí až po realizaci náhodné veličiny, kdy je naše rozhodnutí ovlivněné pozorováním jevu. Jedná se o deterministický model. Tento přístup je používán při dlouhodobém plánování.

Matematicky je možno přístup „wait-and-see“ popsat takhle: náhodný jev ξ je realizován a vektorová proměnná x se přizpůsobuje ξ , čímž se z ní stává funkce $x(\xi)$ náhodného vektoru ξ . Hodnota účelové funkce je pak náhodná [17, 29].

3.3.2 Here-and-Now přístup

Často je potřeba přijmout rozhodnutí dříve, než je známé jakékoliv pozorování, pravděpodobnosti. V této situaci se využívá druhý přístup, který je znám pod názvem „here-and-now“, tedy ve volném překladu „tady-a-terď“. Toto rozhodnutí je poté pro všechny další realizace stejné. Tento přístup je celkově daleko více využíván, protože více odpovídá problémům z reálného světa, a matematicky jej lze popsat takto: pro všechny realizace náhodného vektoru ξ je stejné x , protože rozhodnutí o x proběhlo před realizací ξ [17, 19].

3.4 MATEMATICKÝ MODEL

Matematický model je abstraktní model, který popisuje chování systému použitím matematického zápisu. Matematický model změnil model do matematického zápisu, ze kterého plynou jisté výhody. První výhodou je, že se dá lépe formalizovat zápis daný historickým vývojem, dále také možnost využití IKT pro další práci s vytvořeným modelem. V neposlední řadě se do výhod řadí přesná pravidla pro práci s matematickým modelem. I když má matematický zápis velký potenciál, nemůžeme popsat některé komplikované reálné procesy, objekty či systémy. Nejdříve musíme identifikovat důležité části systému, který zkoumáme a budeme jej modelovat. Tyto identifikované části musí poté vytvářený model popisovat. Ostatní prvky systému můžeme buď vyloučit, nebo zjednodušit [24].

3.4.1 Základní složky matematického modelu

Matematický model většinou popisuje daný systém za pomoci proměnných množin a množin rovnic, které dále určují vztahy mezi nimi. Proměnné mohou nabývat hodnot reálných či hodnot celých čísel nebo textových řetězců. Proměnné reprezentují určité vlastnosti systému, např.

u měření to mohou být naměřená data či výstupní signály. U každého matematického modelu rozlišujeme 3 základní skupiny, ze kterých se daný model skládá.

Jsou to:

1. proměnné a konstanty,
2. matematické struktury,
3. řešení [24].

3.4.2 Proměnné a konstanty

U matematického modelování máme mnoho základních skupin proměnných. Řadíme mezi ně, např. vstupní (exogenní) proměnné, stavové proměnné, náhodné proměnné, výstupní (endogenní) proměnné a rozhodovací (řídící) proměnné.

Vstupní (exogenní) proměnné

Ovlivňují námi zvolený systém a jejich hodnoty jsou určeny (determinovány) mimo modelovaný systém.

Stavové proměnné

Jsou proměnné, které jsou závislé na ostatních proměnných (rozhodovacích, vstupních, náhodných a exogenních proměnných).

Náhodné proměnné

Většinou jsou charakterizovány hustotou pravděpodobnosti (spojitá proměnná) nebo pravděpodobnostní funkcí (diskrétní proměnná) a představují neurčitost v modelu.

Výstupní (endogenní) proměnné

Hodnoty jsou většinou určeny (generovány) modelem nebo jeho systémem [24].

Rozhodovací (řídící) proměnné

Obvykle je nazýváme jako nezávisle proměnné. Představují ty nejdůležitější procesy modelovaného systému, které se v matematickém modelování nazývají aktivity nebo rozhodovací proměnné či entity.

Dále bychom mohli proměnné a konstanty v modelu uvažovat jako:

Proměnné a konstanty identifikované (pojmenované)

Rozpoznaná proměnná nebo konstanta představuje konkrétní znak reálného objektu, pojmenovaný názvem a fyzikální jednotkou, v níž se měří.

Proměnné a konstanty neidentifikované (pomocné)

Slouží pro implementaci algoritmů nebo k formalizaci matematického zápisu. Většinou se používají v bezrozměrných jednotkách.

Nekontrolovatelné proměnné

Představují procesy v systému, kde nemůžeme zjistit jejich míry (jedná se další typ neurčitosti) [24].

3.5 GAMS – GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM

3.5.1 Úvod

V dnešní době jsou algebraické modelovací jazyky přijímány jako nejlepší způsob, jak řešit a reprezentovat problémy matematického programování. Mezi jejich hlavní rozlišovací znaky patří použití relační algebry a schopnost poskytnout částečné deriváty velkých a vícerozměrných struktur.

Počáteční výzkum a vývoj programu GAMS byl financován Mezinárodní bankou pro rozvoj a obnovu, také známou jako Světová banka. Avšak od roku 1987 je další výzkum a vývoj programu GAMS financován jejich vlastní společností GAMS Development Corporation. GAMS byl vyvinut ve spolupráci s matematickými ekonomy. Nejdůležitějším faktorem ve vývoji byla spolupráce mezi ekonomy, operačním výzkumem a počítačovou vědou. Matematické programování a ekonomie jsou úzce propojeny [22, 23].

Původ algoritmů lineárního programování sahá až do doby 40. a 50. let 20. století, kdy se touthle problematikou zabíral George Dantzig. Od té doby se výpočetní technologie a teorie algoritmů vyvíjela obrovským tempem. O třicet let později bylo možné vyřešit problémy praktické velikosti a složitosti, které nám umožnily vyzkoušet ekonomickou teorii na problémech skutečného života [22, 23].

3.5.2 Struktura GAMS programů

Programy GAMS se skládají z jednoho nebo více příkazů, které můžeme nazývat věty. Tyto příkazy definují datové struktury, počáteční hodnoty, modifikují data a symbolické vztahy (rovnice). Přestože neexistuje ucelené pořadí, v jakém musí být příkazy uspořádány, je důležité dbát na pořadí, ve kterém se provádějí úpravy dat. Symboly musí mít uvedený typ předtím, než budou použity. Každý symbol musí mít přiřazenou hodnotu, než se k němu bude odkazovat v jednotlivých příkazech. Za každým příkazem následuje středník, jako ukončení příkazu. Výjimkou je poslední příkaz, kde je středník nepovinný [22, 23].

Vstupy v programu GAMS mají volný formát, což znamená, že příkaz může být umístěn kdekoliv na řádku. Na jednom řádku se může objevit více příkazů, nebo může jeden příkaz pokračovat na libovolném počtu řádků. Výroky v programu GAMS jsou klasifikovány do dvou skupiny, a to do prohlášení a definic nebo do exekučních příkazů. Společný styl organizace příkazů v GAMS umísťuje data na první místo, poté přijde na řadu model a nakonec řešení. Než se budou definovat další podrobnosti jazyka, je potřeba definovat základní symboly a stanovit pravidla pro jejich rozpoznání. Tyto základní symboly jsou stavební kameny a nazývají se lexikální prvky. GAMS, stejně tak jako i jiné programovací jazyky (Java), používá vyhrazená slova, které se často také nazývají jako klíčová slova a mají předem předdefinovaný význam [22, 23].

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

V této části kapitoly se nejprve zaměříme na optimalizace chovu ryb v rybníce, kde budeme řešit optimální obsádku v rybníce, při daném rozpočtu a pravidlech, které budou přesně nastaveny.

V druhé části této kapitoly se budeme věnovat FMEA analýze, která nám přiblíží rizika spojená s chovem ryb v rybníce. Která budou řešena metodou podle vzorce:

$$RPN = D \times P \times O$$

kde je:

- RPN rizikové prioritní číslo
- D Výše dopadu události
- P Pravděpodobnost nastání události
- O Možnost detekce události [1].

4.1 PŘEDSTAVENÍ DAT VYUŽITÝCH V OPTIMALIZACI

Nejprve bylo důležité určit, jakým způsobem budeme na rybník hospodařit. Zda bude ryby produkovat v jednoletém cyklu (tzv. jednohorkový systém chovu), nebo budeme produkovat ryby ve dvouletém cyklu (tzv. dvouhorkový systém chovu). Od toho rozhodnutí nám plynulo plno dalších vstupních dat, vkládaných do řešení. Pokud bychom chtěli zvolit dvouletý cyklus, mohli bychom si dovolit nasadit do rybníka lehčí rybu, ale musela by zde být podmínka, že je rybník způsobilý ke komorování (tzn. je na něm dostatečná hloubka, v dostatečné rozloze, aby ryba mohla přežít zimu, bez sebemenší újmy na zdraví). V běžném životě se tato metoda nepoužívá, a více je zaveden chov ryb v cyklu jednoletém. A proto jsem i já vybral ve své práci jednoletý cyklus.

U jednoletého cyklu vy jako hospodář, si musíte na začátku roku, nebo ještě lépe na konci roku předcházejícího, říci jakou rybu chcete produkovat. Zda lehčí tržní rybu, nebo těžší tržní rybu. Je to všechno závislé na tom, jak velkou rybu nasadíte. Je možné konkrétně u kapra obecného získat roční přírůstek větší i než je 1,5 kg/ kus. Avšak nedají se dělat žádné velké divy, když se hospodář rozhodne, že nasadí lehčí násadu (průměr cca 65 dkg / kus), musí počítat s tím, že na konci další roku bude lovit z rybníku lehčí tržní rybu, která nebude dosahovat větší váhy než cca 2,2 kg / kus v průměru, a pak se to na konci roku odrazí i v prodeji.

Tato problematika se netýká pouze kapra, ale týká se i ostatních produkovaných ryb. Proto je zapotřebí si dopředu rozmyslet, jak velkou rybu chci mít na konci roku nachystanou na ten „Vánoční prodej“ abych se zákazníkům zavděčil co nejvíce. Tento jednoletý cyklus bych Vám rád přiblížil v harmonogramu, který je zpracovaný v tabulce č 4. Tento časový harmonogram, je sestaven pro optimální podmínky, které se v reálné světě příliš nevyskytují. Slouží jako přiblížení toho, co se děje s rybníkem během roku.

Tab. č. 4 Časový harmonogram provozu rybníka při jednoletém cyklu [vlastní zpracování]

Časový harmonogram provozu rybníka (optimální) při jednoletém cyklu	
Leden	předpoklad, že je rybník pod ledem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Únor	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	zařizování násady na dosazení rybníka
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Březen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	nasazení rybníka (štika, candát, popř. sumec)
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Duben	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Květen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení, poslední 2 týdny
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
Červen	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem

Časový harmonogram provozu rybníka (optimální) při jednoletém cyklu	
Červenec	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení
Červenec	obhospodařování mimo rybníční plochy
Srpen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Září	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Říjen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Listopad	výlov rybníka
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	úprava rybníční plochy
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	bereme v potaz napuštění rybníku
Prosinec	ryby z výlovu na sádce, vánoční prodej
	nasazení rybníka (kapr, amur, popř. lín)
	obhospodařování mimo rybníční plochy

V další tabulce č. 5 je časový harmonogram reálného rybníku o velikosti 9,5 ha. Tyto dvě tabulky jsem zde uvedl kvůli porovnání reality a smyšleného optima. Tabulka č. 4 a tabulka č. 5 nám ukazují souhrny za jednotlivé měsíce, ale je nutno si uvědomit, že hospodář, který má daný rybník na starost k němu dojíždí tři krát až pětkrát za týden podle jeho uvážení. V tabulce č. 4 je přibližný roční harmonogram rybníku pouze slovně, aby se to dalo aplikovat na různou rozlohu

rybníku. Jak však musím podotknout jedná se pouze o optimální harmonogram, tedy v realitě, jak vidíme v tabulce č. 5 nejde vše, podle toho, jak bychom optimálně chtěli, aby to šlo, například se začalo později krmit (důsledek dlouhé zimy/ nízkých teplot v předešlých měsících). Naštěstí se během roku nevyskytly žádné potíže (nákaza ryb, kyslíkové deficity v rybníce, chladné počasí), a proto se mohl reálný rybník vyvíjet podle optimálních podmínek.

Tab. č. 5 Časový harmonogram provozu rybníka [vlastní zpracování]

Časový harmonogram provozu rybníka (9,5 ha rybník) při jednoletém cyklu	
Leden	předpoklad, že je rybník pod ledem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	kapr nasazen 1.12.
	4900ks kapra o \varnothing 45 dkg/ks
Únor	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Březen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Duben	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Květen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy, sečení křovinořezem
	přisazení 1 q násady lín
	nasazení váčkového plůdku štiky 5000 ks
	nasazení váčkového plůdku candáta 100 000 ks
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
Červen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	krmení od poloviny června
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení; celkem 25 q obilí
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Červenec	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně

Časový harmonogram provozu rybníka (9,5 ha rybník) při jednoletém cyklu	
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení; celkem 35 q obilí
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Srpen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno,
	úprava množství krmení; celkem 40 q obilí
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Září	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení, krmení pouze první 2 týdny; celkem 30 q obilí
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Říjen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Listopad	výlov rybníka (98 q kapra, 35 kg Ca1, 80 kg Š1, 2 q lína)
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	úprava rybníční plochy
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	bereme v potaz napuštění rybníku
Prosinec	ryby z výlovu na sádce, vánoční prodej
	nasazení rybníka
	obhospodařování mimo rybníční plochy

V předešlých tabulkách č. 4 a č. 5 jsme si představili chod rybníka přes celý rok. Nejprve jenom okrajově v tabulce č. 4 pro optimální podmínky a poté i pro reálný rybník (nemohu říct název, ani polohu, pracovní tajemství).

Tab. č. 6 Časový harmonogram provozu rybníka (optimální) při jednoletém cyklu [vlastní zpracování]

Časový harmonogram provozu rybníka (optimální) při jednoletém cyklu pro 1 ha rybník	
Leden	předpoklad, že je rybník pod ledem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	1.12. předchozího roku nasazeno: 500 ks kapra o \varnothing 1 kg/ks; 100 ks amura o \varnothing 1 kg/ks; 100 ks tolstolobika o \varnothing 1 kg/ks
Únor	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	zařizování násady na dosazení rybníka
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Březen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
Duben	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	10.4. nasazeno: 3 ks štiky o \varnothing 0,5 kg/ks; 10 ks sumce o \varnothing 1 kg/ks; 100 ks lína o \varnothing 0,2 kg/ks; 5 ks candáta o \varnothing 0,5 kg/ks; podsazeno 40 kg bílé ryby o \varnothing 0,1 kg/ks
Květen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení, poslední 2 týdny
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	týdně zkrmeno 1,5 q (celkem 3 q)
Červen	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	týdně zkrmeno 1,5 q (celkem 6 q)
Červenec	letní odlov
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem

Časový harmonogram provozu rybníka (optimální) při jednoletém cyklu pro 1 ha rybník	
Červenec	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	týdně zkrmeno 1,5 q (celkem 6 q)
Srpen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	týdně zkrmeno 1,5 q (celkem 6 q)
Září	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	podle teploty a nasycení, krmení 3x týdně
	sledování, zda je krmení sežráno
	úprava množství krmení
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	týdně zkrmeno 1,5 q (celkem 6 q)
Říjen	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	příprava na podzimní výlov
Listopad	20.11. výlov rybníka: kapr 15 q; amur 2,7 q; tolstolobik 3 q; štika 6 kg; sumec 35 kg; lín 70 kg; bílá ryba 80 kg
	sledování teploty vody a nasycení kyslíkem
	úprava rybníční plochy
	obhospodařování mimo rybníční plochy
	bereme v potaz napuštění rybníku
Prosinec	ryby z výlovu na sádce, vánoční prodej
	nasazení rybníka (kapr, amur, popř. lín)
	obhospodařování mimo rybníční plochy

Tabulka č. 6 je velmi podobná tabulce č. 4 a tabulce č. 5. Tabulka č. 6 odpovídá optimálnímu provozu rybníka během roku, kdy se nic nepokazí a všechno jde tak jak má, a ještě lépe. Je v ní zanesena dlouhá doba krmení od půlky května až do konce září. Tento parametr nám pak udává, že množství krmení, které je zkrmeno je dosti větší, než kdyby to bylo při běžném provozu rybníka, a díky tomu taky jsem si mohl dovolit odhadem zvýšit produkci jednotlivých druhů ryb. Což by mělo za výsledek na konci období pěkný finanční zisk. Číselně bude tabulka č. 6 porovnána s výstupy, které má dodá optimalizační program GAMS, a bude dále prodiskutována v diskusi.

V následujících tabulkách si již představíme hodnoty, se kterými budeme nadále pracovat v optimalizačním programu GAMS. Veškeré tabulky jsou mnou nasbíraná reálná data. Bohužel v rámci zachování pracovního tajemství nemohu upřesnit, u jakých rybníků a v jaké lokalitě byla data nasbírána. V tabulce č. 7 můžeme vidět, jak se vyvíjela cena násadového materiálů jednotlivých druhů ryb za poslední čtyři roky. Pro rok 2021, se kterým počítáme c optimalizačním programem GAMS jsem zvolil hodnoty, které odpovídají průměru posledních čtyř let.

Tab. č. 7 Cena násad jednotlivých druhů ryb (kupní cena) [vlastní zpracování]

Cena násad ryb v letech 2017-2021 [kč/kg] (kupní cena)								
Rok/Druh	K	Š	Bílá ryba	Su	L	Ab	Tb	Ca
2017	50	160	30	150	90	60	30	200
2018	50	180	30	170	95	60	40	230
2019	55	200	35	180	95	70	40	250
2020	55	220	40	200	110	80	50	270
2021	52,5	190	33,75	175	97,5	67,5	40	237,5

Stejným způsobem jsem postupoval i u tabulky č. 8, ve které můžeme naopak vidět cenu, za kterou budeme jednotlivé druhy na podzim nebo při Vánočním prodeji prodávat. Je dosti možné, že cena se na konci roku bude odchylovat, ale to my nedokážeme momentálně přesně určit. Ve hře je příliš mnoho faktorů, které koncovou cenu mohou ovlivnit.

Tab. č. 8 Tržní cena jednotlivých druhů ryb (prodejní cena) [vlastní zpracování]

Tržní cena ryb v letech 2017-2021 [kč/kg] (prodejní cena)								
Rok/Druh	K	Š	Bílá ryba	Su	L	Ab	Tb	Ca
2017	90	220	30	180	120	90	45	330
2018	95	230	30	220	125	90	50	350
2019	95	250	35	220	130	95	50	380
2020	100	270	45	240	140	105	65	420
2021	95	243	35	215	130	95	53	370

Poslední tabulka je pro „nerybáře“ nejméně atraktivní. V tabulce č. 9 můžeme vidět koeficient růstu pro jednotlivé druhy ryb. Data obsažená v tabulce č. 9 rozdíl průměrných vah při nasazení jednotlivých druhů ryb a jejich průměrných vah na podzim po vylovení.

Tab. č. 9 Koeficient růstu jednotlivých druhů ryb [vlastní zpracování]

Koeficient růstu v letech 2017-2021								
Rok/Druh	K	Š	Bílá ryba	Su	L	Ab	Tb	Ca
2017	2,3	1,6	1,2	1,7	1,4	1,8	1,7	1,5
2018	2,4	1,8	1,3	2	1,7	2	2,1	1,7
2019	2,1	1,5	1,2	1,5	1,2	1,4	1,3	1,3
2020	2,5	2,2	1,4	2,2	1,9	2,2	2,5	1,8
2021	2,325	1,775	1,275	1,85	1,55	1,85	1,9	1,575

Tabulka č. 10 nám udává paušální stanovení obsádky jednotlivých druhů ryb na jeden hektar vodní plochy. Tyto data jsou částečně založeny z teoretických poznatků, které jsem nabyl na vysoké škole, avšak z velké části jsou přepracována do reality, díky mému dlouholetému výzkumu.

Tab. č. 10 Optimální stanovení obsádky v ks/ha [vlastní zpracování] [7]

Paušální stanovení rybí obsádky v ks/ha (násady)	
Druh ryby	Interval v ks/ha
Kapr obecný (K2)	400-800
Štika obecná	2-5
Bílá ryba	300-500 (30-50 kg častěji)
Sumec velký	8-40
Lín obecný	80-250
Amur bílý	80-150
Tolstolobik bílý (TB2)	80-150
Candát obecný	3-15

4.2 NÁVRH OPTIMALIZAČNÍHO MODELU

V této podkapitole se budu věnovat matematickému programování v programu GAMS. Využijeme toho, že, jak jsem uvedl dříve, se jedná o matematický modelovací systém pro optimalizaci, který tedy nabízí zápis modelu blízký matematickému a model budeme přímo formulovat v GAMSu. Nadefinujeme si nejprve důležité parametry, které budou s celou optimalizací provázány. Z těchto parametrů vytvoříme potřebná omezení a odvodíme dílčí účelové funkce, které složíme do jedné a vytvoříme model a z jeho řešení nám poté vyjde optimální složení obsádky rybníka [30].

```
sets
m          "meze pro koeficienty růstu"
/ hor "horní mez", dol "dolní mez" /,
s          indexy scenaru
/ s01 * s10 /,
i          "souhrn všech indexů všech omezení"
/ KC "Kapr obecný", SC "Štika obecná", BR "Bílá ryba", SV "Sumec velký",
  LC "Lin obecný", AB "Amur bílý", TB "Tolstolobik bílý",
  CC "Candát obecný" /,
j(i)       "označení druhu nasazených ryb"
/ KC "Kapr obecný", SC "Štika obecná", BR "Bílá ryba", SV "Sumec velký",
  LC "Lin obecný", AB "Amur bílý", TB "Tolstolobik bílý",
  CC "Candát obecný" /,
iH(i)      "indexy omezení kladených na proporce vstupu"
/ KC "Kapr obecný", SC "Štika obecná", BR "Bílá ryba", SV "Sumec velký",
  LC "Lin obecný", AB "Amur bílý", TB "Tolstolobik bílý",
  CC "Candát obecný" /,
iD(i)      "indexy omezení kladených na poptávku po výstupu"
/ KC "Kapr obecný", SC "Štika obecná", BR "Bílá ryba", SV "Sumec velký",
  LC "Lin obecný", AB "Amur bílý", TB "Tolstolobik bílý",
  CC "Candát obecný" /,
iAm        "indexy omezení typu: suma Am*pocet ryb <= suma Am*pocet ryb"
/ 1 /,
iAp        "indexy omezení typu: suma Am*pocet ryb <= suma Am*pocet ryb"
/ 1 /
;
alias(s,s1); // zavedení jiného označení pro stejnou množinu scénářů
alias(j,jT); // zavedení jiného označení pro stejnou množinu druhů ryb
```

Obr. č. 4 Souhrn indexů a označení [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 4 můžeme vidět základní popis jednotlivých indexů, které budou dále využity. Některé různé množiny, které jsou podmnožiny množiny všech indexů, mají stejné prvky. Zdá se, že by mohly být nahrazeny jedinou množinou indexů, ale různé názvy jsou zvoleny z důvodu ulehčení možného budoucího přidávání omezujících podmínek. Jako analogický příklad je zde uvedeno indexování omezení pro vztah mezi dravou rybou (štika, sumec, candát) a bílou rybou, který je dále detailněji popsán na obrázku č. 9.

```

=====
*
scalars
  bwxL      "dolní mez pro celkovou hmotnost vstupu           [kg]",
  bwxU      "horní mez pro celkovou hmotnost vstupu           [kg]",
  bwyL      "dolní mez pro celkovou hmotnost výstupu          [kg]",
  bwyU      "horní mez pro celkovou hmotnost výstupu          [kg]",
  bvL       "dolní mez pro hmotnost krmiva                    [kg]"
            / 300 /,
  bvU       "horní mez pro hmotnost krmiva                    [kg]"
            / 1500 /,
  vHist     "historický výsledek - celková hmotnost krmiva    [kg]"
            / 1500 /,
  cv        "jednotková cena na 1 kg krmiva                  [Kč]"
            / 4.00 /,
  bR        "rozpočet na ryby                                 [Kč]"
            / 51000.00 /
;
* Množství ryb není omezováno záměrně, cílem je získat jich co nejvíce
bwyL = 0;           // dolní mez pro celkovou hmotnost výstupu
bwyU = INF;         // horní mez pro celkovou hmotnost výstupu
* bwyU = 100000;    // konečná horní mez pro kontrolní výpočty -vypnutá
*
=====

```

Obr. č. 5 Představení horních a dolních mezí pro hmotnosti a množství krmiva [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 5 jsou uvedeny horní a dolní meze pro celkové hmotnosti vstupů a výstupů. Jak tyto hodnoty zavedeme je popsáno na obrázku č. 7. Dále zde můžeme vidět horní a dolní mez krmiva, kdy horní mez je určena na základě osobní zkušeností, a dolní mez je určena pro minimální dávku krmení tak, aby ryba neumírala nedostatkem krmiva. Podotkněme, že to by bylo jisté v případě nulové hodnoty. Zároveň jsme dolní mez volili tak, aby ryba příliš nepřibírala a v jistém smyslu „stagnovala“ váhově, protože délkově bude růst určitě, ale nebude přímo úměrně k tomu nabírat váhu. Cílem je dát možnost rozumně měnit množství krmiva v navrženém modelu. Další prvky modelu uvedené na obrázku č. 5 jsou, podobně jako na dalších obrázcích popsány komentáři na souvisejících řádcích.

```

=====
parameters
cx(j)          "jednotková nákupní cena a náklady na 1 kg vstupu      [Kč]"
              / KO 52.50, SO 190.00, BR 34.00, SV 175.00,
              LO 97.50, AB 67.50, TB 40.00, CO 237.50 /,
p(s)          "pravděpodobnost scénáře s (nastavena nebo generována)",
q(j)          "jednotková prodejní cena                          [Kč]"
              / KO 95.00, SO 243.00, BR 35.00, SV 215.00,
              LO 130.00, AB 95.00, TB 53.00, CO 370.00 /,
bHxLn(iH)     "dolní mez na (i kombinovaný) vstup                [ks]"
              / KO 400,   SO 2,   BR 300,   SV 8,
              LO 80,   AB 80,   TB 80,   CO 3 /,
bHxUn(iH)     "horní mez na (i kombinovaný) vstup                [ks]"
              / KO 800,   SO 5,   BR 500,   SV 40,
              LO 250,  AB 150,  TB 150,  CO 15 /,
bHxLa(iH)     "dolní mez na (i kombinovaný) vstup                [kg]"
              / KO 400,   SO 1,   BR 30,   SV 8,
              LO 16,   AB 80,   TB 80,   CO 1.5 /,
bHxUa(iH)     "horní mez na (i kombinovaný) vstup                [kg]"
              / KO 800,   SO 2.5, BR 50,   SV 40,
              LO 40,   AB 150,  TB 150,  CO 7.5 /,
bHxL(iH)      "odvozená dolní mez na (i kombinovaný) % podíl vstupu [%]",
bHxU(iH)      "odvozená horní mez na (i kombinovaný) % podíl vstupu [%]",
bHxLr(iH)     "dolní mez na (i kombinovaný) % podíl rozpočtu vstupu [%]"
              / KO 0.001, SO 0.001, BR 0.001, SV 0.001,
              LO 0.001, AB 0.001, TB 0.001, CO 0.001 /,
bHxUr(iH)     "horní mez na (i kombinovaný) % podíl rozpočtu vstupu [%]"
              / KO 0.75, SO 0.08, BR 0.1, SV 0.05,
              LO 0.05, AB 0.2, TB 0.1, CO 0.09 /,
dDyLr(iD)     "dolní mez na (i kombinovaný) % podíl výstupu      [%]"
              / KO 0.001, SO 0.001, BR 0.001, SV 0.001,
              LO 0.001, AB 0.001, TB 0.001, CO 0.001 /,
dDyUr(iD)     "horní mez na (i kombinovaný) % podíl výstupu      [%]"
              / KO 0.75, SO 0.08, BR 0.1, SV 0.05,
              LO 0.05, AB 0.2, TB 0.1, CO 0.09 /,
dDyL(iD,s)    "odvozená dolní % mez na (i kombinovaný) scénářový výstup [%]",
dDyU(iD,s)    "odvozená horní % mez na (i kombinovaný) scénářový výstup [%]",
H(iH,j)       "matice určující jednoduché a kombinované meze pro x data dále",
xi(j,s)       "náhodně rovnoměrně generované hodnoty z intervalu (0,1)",
T0(j,j,m)     "meze pro generování náhodného kolísání koeficientů růstu",
T(j,j,s)      "generované scénáře z T0",
D(iD,j)       "matice pro jednoduché a kombinované poptávkové meze pro y",
xHist(j)      "údaje o vstupech pro rybník velikosti 1 ha      [kg]"
              / KO 500,   SO 1.5, BR 40,   SV 10,
              LO 20,   AB 100, TB 100, CO 2.5 /,
cxx(j)        "pomocný parametr obsahuje součiny cx(j) * x(j)      [Kč]",
Hx(iH)        "pomocný parametr obsahuje součiny H * x      [kg]",
Amx(iAm)      "pomocný parametr"
Apx(iAp)      "pomocný parametr"
;

```

Obr. č. 6 Popsání jednotlivých parametrů [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 6 jsou znázorněny vstupní a výstupní parametry, které provází celou optimalizaci. Objevuje se zde nákupní a prodejní cena jednotlivých druhů ryb, které je určena vždy Kč/kg. Dále zde můžeme vidět dolní a horní hranici nasazení jednotlivých druhů ryb, nejprve jsou

tyto hodnoty uvedeny v kusech, ale pro lepší propoččet a zachování jednotky, byly veškeré hodnoty přepočteny na kilogramy. V optimalizaci se mi pro srovnání jako historická promítne vždy jenom jedna hodnota, která je průměrem hodnot za poslední čtyři roky. Tyto hodnoty jsou uvedeny již dříve v tabulkách č. 7, 8 a 10.

```

* -----
* Nastavení mezí celkové hmotnosti vstupů
bwxL    = sum(iH, bHxLa(iH)); // dolní mez vstupní hmotnosti je součtem dol
bwxU    = sum(iH, bHxUa(iH)); // horní mez vstupní hmotnosti je součtem hor
display bwxL, bwxU;          // zobrazení mezí do LST souboru
* -----
* nastavení pravděpodobnosti scénářů buď rovnoměrné nebo náhodně generované
p(s)    = 1/card(s);        // nastavení stejných pstí pro všechny scénáře
*p(s)   = uniform(0,1);     // alternativa náhodně generovaných čísel 0 až 1
*p(s)   = p(s)/sum(s1,p(s1)); // normování čísel, aby jejich součet byl = 1
display p;                  // zobrazení pravděpodobností do LST souboru
* -----

```

Obr. č. 7 Nastavení horní a dolních mezí a nastavení pravděpodobností scénářů [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 7 je již představen výpočet pro horní a dolní meze hmotností nasazených ryb, a je zde uvedeno jakým způsobem je nastavena pravděpodobnost jednotlivých scénářů, viz. zdrojový kód. vycházíme z toho, že scénáře volíme stejně pravděpodobné, ale bylo by možné jejich pravděpodobnosti také náhodně generovat a pak normovat, jak je uvedeno na dalších řádcích.

```

table
H(iH,j)      "data matice určující jednoduché (i kombinované meze) pro x"
  KO SO BR SV LO AB TB CO
KO  1
SO   1
BR   1
SV   1
LO   1
AB   1
TB   1
CO   1
;

```

Obr. č. 8 Jednotková matice pro vztahy mezi objemy jednotlivých druhů ryb [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 8 je představena jednotková matice, která poukazuje na vztahy objemu jednotlivých násady. Tato matice je zde uvedena explicitně v tomto tvaru z důvodu zachování možnosti vložení budoucího dalšího omezení. Kdybychom chtěli, aby počet nasazených býložravých ryb (amur, tolstolobik) byl v určitých mezích společně, tak by se pozice jedniček změnila podle konkrétního požadavku.

```

* -----
* Am, Ap popisuje vztah mezi dravou rybou (štika, candát, sumec) a bílou rybou.
* Tedy musí být 1,5krát více bílé ryby než dravé, což formulujeme jako dále,
* částečně relaxovaně, aby to odpovídalo i historickému expertnímu rozhodnutí:
table
Am(iAm,j)      "tabulka pro vztahy mezi počty ryb např. počet Am*x <= -Am*x"
      KO   SO   BR   SV   LO   AB   TB   CO
1      -3   1   -3           -3
; // význam omezení je x("BR") =L= 3.0 * (x("SO") + x("SV") + x("CO"));
table
Ap(iAp,j)      "tabulka pro vztahy mezi počty ryb např. počet Ap*x >= -Ap*x"
      KO   SO   BR   SV   LO   AB   TB   CO
1      -1.5 1 -1.5           -1.5
; // význam omezení je x("BR") =G= 1.5 * (x("SO") + x("SV") + x("CO"));
* -----

```

Obr. č. 9 Vztah mezi dravou rybou a bílou rybou [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 9 můžeme vidět podrobně popsany vztah mezi dravými rybami (štika, sumec, candát) a bílou rybou. Tento vztah je zde uveden záměrně jako důležitý, protože je řešením toho, jak předejít riziku mezidruhové predace. Vzhledem k tomu, že každá ryba potřebuje příjem potravy, a já ve své optimalizaci uvádím jako krmení pouze obilí (tedy rostlinnou potravu), tak by s tím nebyly dravé ryby příliš spokojené. Mohlo by dojít k silnému predáčnímu tlaku, a z toho by plynulo útočení jedno dravce na druhého, dále pak požívání lína, nebo útoky na kapra či amura, které by mohly vyústit až na ojedinělé umírání zmíněného druhu, ale mnohem častěji by docházelo k nižšímu váhovému přírůstku z důvodu stresu způsobené útoky dravce.

```

-----
table
  T0(j,j,m)      "meze pro generování náhodného kolísání koeficientu růstu"
* nejprve nastavení dolní meze pro koeficient růstu při plném krmení
  KO.dol SO.dol BR.dol SV.dol LO.dol AB.dol TB.dol CO.dol
KO  2
SO      1.5
BR          1.2
SV              1.5
LO                  1.2
AB                      1.4
TB                          1.3
CO                              1.3
+
* potom nastavení horní meze pro koeficient růstu při plném krmení
  KO.hor SO.hor BR.hor SV.hor LO.hor AB.hor TB.hor CO.hor
KO  2.5
SO      2.2
BR          1.4
SV              2.2
LO                  1.9
AB                      2.2
TB                          2.5
CO                              1.8
;

* rovnoměrně generované hodnoty xi z intervalu (0,1) pro další zpracování:
xi(j,s) = uniform(0,1); // použití generátoru rovnoměrných náhodných hodnot
T(j,jI,s) = 0; // vynulování matice definované pro koeficienty růstu
T(j,j ,s) = xi(j,s) * T0(j,j,"dol") + // vážený průměr dolní
            (1 - xi(j,s) ) * T0(j,j,"hor"); // a horní meze podle náhodného xi
*
-----

```

Obr. č. 10 Koeficient růstu [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 10 můžeme vidět horní a dolní meze koeficientu růstu pro jednotlivé druhy ryb, které v konečném důsledku mají největší vliv na zisk. Koeficient růstu je i založen na množství krmení, které do rybníka „nasypu“ viz. spodní část zdrojového kódu. Hodnoty, které se objeví v konečném výsledku byly náhodně generovány a transformovány na hodnoty z výše uvedených intervalů.

```

* -----
variables
  zx          "hodnota účelové funkce pro x",
  zv          "hodnota účelové funkce pro v",
  zy          "hodnota účelové funkce pro y",
  z           "hodnota účelové funkce celkem",
  wx          "celková hmotnost vstupu",
  wy(s)       "celková hmotnost výstupu",
  v           "množství krmiva"
;
* -----
positive variables
  x(j)        "hmotnosti jednotlivých vstupů",
  y(j,s)      "hmotnosti jednotlivých výstupů"
;

```

Obr. č. 11 Proměnné obsaženy v optimalizačním modelu [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 11 jsou vypsané proměnné, které byly pro daný optimalizační model vybrány na základě prvotní analýzy a následné diskuse a návrhu modelu.

```

=====
equations
ucelfcex      "účelová funkce část pro x",
ucelfcev      "účelová funkce část pro v",
ucelfcey      "účelová funkce část pro y",
ucelfce       "účelová funkce celkem",
omezzxv       "omezení rozpočtové",
omezwx        "určení celkové hmotnosti w pro vstupy x",
omezHxL(iH)   "dolní meze pro (i kombinované) procentní podíly vstupu",
omezHxU(iH)   "horní meze pro (i kombinované) procentní podíly vstupu",
omezAmx(iAm)  "omezení typu počet ryb <= Am*počet ryb",
omezApx(iAp)  "omezení typu počet ryb >= Ap*počet ryb",
omezyxvT(j,s) "omezení určující y pomocí x, v a T",
omezDyL(iD,s) "dolní meze pro (i kombinované) poptávky vstupu",
omezDyU(iD,s) "horní meze pro (i kombinované) poptávky vstupu",
omezwy(s)     "určení celkové hmotnosti w pro vstupy y"
;
-----
ucelfcex..    zx          =E=    sum(j,      cx(j) * x(j)  );
ucelfcev..    zv          =E=    cv      * v;
ucelfcey..    zy          =E=    sum(s, p(s) * sum(j, q(j) * y(j,s) ));
ucelfce..     z           =E=    - zx - zv + zy;
omezzxv..     bR         =G=    zx + zv;
-----
omezwx..      wx          =E=    sum(j, x(j));
-----
*
* Alternativní relativní omezení v případě nastavení mezí aby bHxL <= bHxU
* což pro odvozené relativní meze neplatí
* omezHxL(iH).. wx * bHxL(iH) =L=    sum(j, H(iH,j) * x(j)  );
* omezHxU(iH).. wx * bHxU(iH) =G=    sum(j, H(iH,j) * x(j)  );
*
* -----
omezHxL(iH).. bHxLa(iH)   =L=    sum(j, H(iH,j) * x(j)  );
omezHxU(iH).. bHxUa(iH)   =G=    sum(j, H(iH,j) * x(j)  );
* -----
omezAmx(iAm).. 0          =G=    sum(j, Am(iAm,j) * x(j)  );
omezApx(iAp).. 0          =L=    sum(j, Ap(iAp,j) * x(j)  );
* -----
omezyxvT(j,s).. y(j,s)   =E=    x(j)
                                * ( 1      * (bvU - v)/(bvU - bvL)
                                + T(j,j,s) * (v - bvL)/(bvU - bvL));
* -----
omezwy(s)..     wy(s)     =E=    sum(j, y(j,s));
-----
omezDyL(iD,s).. dDyLr(iD) * wy(s) =L=    sum(j, D(iD,j) * y(j,s) );
omezDyU(iD,s).. dDyUr(iD) * wy(s) =G=    sum(j, D(iD,j) * y(j,s) );
=====

```

Obr. č. 12 Výpis omezení pro optimalizační model [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 12 jsou ve zdrojovém kódu nadefinována omezení. A také jednotlivé účelové funkce, pomocí kterých se po odečtení nákladů a přičtením příjmů při jejich sečtení dobereme k finální účelové funkci. Mezi omezující podmínky, které jsou důležité pro celý optimalizační proces patří omezení kladené na vstupy zaručující pestrost populace v rybníku, omezení řešící vztah mezi

dravci a bílými rybami, omezení rozpočtové, omezení zohledňující náhodnost koeficientů růstu a zahrnující nelineární výrazy, které posouvají úlohu z lineárních mezi nelineární. Doplnění představují již dříve zmíněné meze kladené na proměnné.

```

* =====
model rybnikTS "dvojstupňový model" /
  ucelfce,
  ucelfcex,
  ucelfcev,
  ucelfcey,
  omezzxv,
  omezwx,
  omezHxL,
  omezHxU,
  omezAmx,
  omezApX,
  omezyxvT,
* relativní poptávkové meze jsou definovány ale nejsou nezahrnuty
* s ohledem na jejich příliš restriktivní charakter s ohledem na expertní data
* omezDyL,
* omezDyU,
  omezwy
/;
* -----
wx.LO    = bwxL; wx.UP    = bwxU;      // nastavení mezí pro vstup hmotnost wx
wy.LO(s) = bwyL; wy.UP(s) = bwyU;      // nastavení mezí pro výstup hmotnost wy
v.LO     = bvL;  v.UP     = bvU;      // nastavení mezí pro hmotnost krmiva v
* -----

```

Obr. č. 13 Seznam omezení [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 13 máme seznam omezení, které byly pro model jako možné zařazené. Dříve byla připravena omezení vztahující se k poptávkám po rybách, ale nakonec po posouzení věrohodnosti dat, tato omezení, jak vidíme ze zápisu nebyla do modelu zařazena. Omezení, jejichž výčet vidíme na obrázku č. 13 jsou detailněji popsána na obrázku č. 12.

```

=====
file out / "vysledky.txt" /;           // nastavení jména výstupního souboru
put out;                               // otevření výstupního souboru
=====
x.L(j) = xHist(j);                     // nastavení počátečního x dle historie
v.L    = vHist;                         // nastavení počátečního v dle historie
=====
solve rybnikTS                          // řeší se tento model
  maximizing z                           // maximalizuje se účelová funkce
  using      NLP                          // použije se nelineární programování
;
=====
cxx(j) = cx(j) * x.L(j);               // náklady na vstupy
Hx(iH) = sum(j, H(iH,j) * x.L(j));     // nastavení vstupu pro meze
Amx(iAm) = sum(j, Am(iAm,j) * x.L(j)); // nastavení kombinace ryb
Apx(iAp) = sum(j, Ap(iAp,j) * x.L(j)); // nastavení kombinace ryb
cvv      = zv.L;                        // náklady na krmivo
zxv      = zx.L + zv.L;                 // celkové náklady
=====
* Komplexní a strukturované zobrazení vstupů a výstupů do LST souboru:
display i, j, iH, iD, p, s,           // indexy a psti
z.L , zx.L, j, cx, x.L, zv.L, cv, v.L, zy.L, q, y.L, // účelové funkce
iH , H , bHxLa, x.L, xHist, bHxUa,   // x a meze
      Am, x.L, Ap,                   // x kombinace
      bwxL, wx.L, bwxU,              // wx a jeho meze
      bvL, v.L, vHist, bvU,         // v a jeho meze
y.L , x.L , T, v.L, T0, xi,         // odvození y
iD , D , dDyLr, y.L, dDyUr,         // poptávkové info
      bwyL, wy.L, bwyU;             // wy a jeho meze
=====

```

Obr. č. 14 Nastavení výstupního souboru [vlastní zpracování]

Na obrázku č. 14 lze vidět nastavení výstupního souboru. Dále je zde popsáno, jaký model se řeší, co je jeho cílem (maximalizace účelové funkce) a o jaký typ programování se jedná (nelineární programování). Jsou zde zapsané výpočty hodnot pomocných parametrů pro pozdější přehledné výpisy výsledků. Ve spodní části tohoto obrázku je ve zdrojovém kódu zapsáno, jakým způsobem se budou jednotlivé položky zobrazovat v tzv. LST souboru. Dále je v přílohách podrobná informace o generování výstupních sestav do textového souboru.

4.3 FMEA – POPIS RIZIK

Tab. č. 11 FMEA – popis jednotlivých rizik – část první [vlastní zpracování]

	Riziko	Projev rizika	Proč riziko nastalo?	Předpokládané důsledky
1.	Protržená hráz rybníka	Viditelné prosakování hráze; snížení vodní hladiny	Možnost zásahu člověka; starý rybník; špatně postavená hráz	Finanční potíže; možné úmrtí většiny ryb
2.	Pytláctví	Viditelnost vyšlapaných míst kolem rybníka; zbytky krmení u břehu	Chamtivost lidí	Snížení rybí obsádky; při extrémním pytláctví nízký zisk
3.	Vliv rybožravých predátorů	Viditelné zbytky rybích ostatků kolem rybníka; viditelná poranění na těle ryb od zobáků, drápů	Přemnožení rybožravých predátorů; zahnízdění u rybníka	Sežráná jistě části rybí populace; nízký zisk
4.	Zamrznutí rybníku	Částečně nebo kompletně zamrznutý rybník; zamrznutý přítok do rybníku	Změna klimatu, nezabezpečení rybníka	Kyslíkový deficit, a následný úhyn ryb
5.	Přeteče rybník	Nekontrolované stoupání hladiny rybníku	Změna klimatu, chybějící bezpečnostní přepad	Vyplavení obsádky z rybníka; finanční ztráta
6.	Kyslíkový deficit	Rapidní úbytek kyslíku ve vodě	Přemnožení fytoplanktonu nebo sinic („kvetení“ rybníka)	Možné úmrtí ryb (až celé obsádky), kontaminace vody, finanční ztráta

V tabulce č. 11 máme první část, které detailně popisuje rizika, se kterými se při produkci ryb můžeme setkat. Z mého pohledu se mi jeví jako nejčastější riziko „vliv rybožravých predátorů“, už jen kvůli tomu, že k jejich odlovení je třeba mnoha výjimek a povolení. Oproti tomu jako největší riziko z tabulky č. 11 beru „kyslíkový deficit“. Při podcenění to může mít fatální následky pro celou obsádku a finanční ztrátu pro majitele.

Tab. č. 12 FMEA – popis jednotlivých rizik – část druhá [vlastní zpracování]

Riziko		Projev rizika	Proč riziko nastalo?	Předpokládané důsledky
7.	Vyschlý rybník	Nízká hladiny vody, nebo úplně vyschlý rybník	Celková změna klimatu; rybník bez přítoku, vyschlý přítok	Možné úmrtí ryb; nebo zcela nemožné rybník nasadit, finanční ztráta
8.	Znečištění vody	Viditelné fleky na vodní hladině; pronikavý zápach vody	Splachy z polí; špatná ČOV; překrmení	Možné úmrtí ryb; páchnoucí ryby, nižší zisk
9.	Choroby ryb	Divné chování ryb u hladiny nebo chycených ryb; začínající mortalita ryb	Zmutovaný virus; plíseň kvůli špatné kvalitě vody, zavlečení patogenu	Úmrtí ryb; nemožnost využití rybníku k chovu ryb po zbytek roku, nebo po dalších pár let
10.	Úmyslná kontaminace	Změna barvy vody; začínající mortalita ryb	Závist lidí; lidé jsou zlí; nevyřízené účty	Úmrtí ryb; dlouhodobá nemožnost využití rybníku k chovu ryb, finanční ztráta
11.	Zanesení rybníka sedimenty	Chycené ryby mohou divně zapáchat; samotná voda může zapáchat	Splach orné půdy při přívalových deštích	Špatná kvalita vody díky bahnu, možný úhyn ryb
12.	Výskyt invazivních druhů ryb	Při letních odlovech, chycení jiných druhů, než nasazeno	Závist lidí; zanesení jiker ptactvem, s násadou	Nižší zisk; vytlačení nasazeného druhu ryb
13.	Přerybnění rybníka	Možná mortalita kvůli nedostatku kyslíku; při letních odlovech ryby nemají přírůstek	Nedostatečná znalost; chamtivost	Mortalita; malý váhový přírůstek; nižší zisk

Tabulka č. 12 je pokračování k tabulce č. 11. V tabulce č. 12 je pro hospodáře, největším rizikem zavlečení jakéhokoliv druhu choroby do rybníka. Hospodář se může snažit, jak chce, kontrolovat dodavatele násady nebo dodržovat karanténní dobu ryb, ale i tak to může být málo. Choroba se mu

může do rybníka dostat s přitékající vodou, nebo patogen do rybníka zaneše ptactvo (kačena). Potom to pro hospodáře znamená finanční ztráty i třeba na dva po sobě jdoucí roky. U některých chorob je možné žádat náhradní plnění, stejně tak i na škody způsobené rybožravými predátory viz. tabulka č. 11.

Tab. č. 13 FMEA – popis jednotlivých rizik – část třetí [vlastní zpracování]

Riziko		Projev rizika	Proč riziko nastalo?	Předpokládané důsledky
14.	Nedostatek potravy	Při letních odlovech, ryby nemají požadovaný přírůstek	Nedostatečná znalost; nedostatek peněz na obilí	Malý přírůstek váhy; nižší zisk
15.	Nasazení nevhodné velikosti ryb	Letní odlov, nepřítomnost požadovaného druhu ryb	Pochybení vlastníka, nebo správce, mezidruhová predace	Malý přírůstek, menší kvantita; nižší zisk
16.	Špatná kvalita násady	Při letních odlovech, se ryba jeví ve špatné kondici, nedosahuje požadovaných přírůstků;	Špatná genetika ryb; špatný předešlý chov	Sklony k mortalitě; malý váhový přírůstek; nižší zisk

V tabulce č. 13, která je třetí a zároveň poslední částí FMEA matice, kde si představujeme jednotlivá rizika jsou vypsána rizika, které jsou ať už více nebo méně spojená s lidským pochybením.

Od představení rizik přejdeme pomalu k jejich odhodnocení, které se bude týkat, závažnosti dopadu (S), pravděpodobnosti výskytu (O) a definování detekce (D) jednotlivých rizik.

4.3.1 FMEA – Bodové ohodnocení rizik a jejich opatření

Tab. č. 14 FMEA – bodové ohodnocení – první část [vlastní zpracování]

Riziko	Závažnost dopadů (S)	Pravděpodobnost výskytu (O)	Definování detekce (D)	RPN = (SxOxD)	Opatření	Závažnost dopadů (S) po opatření	Pravděpodobnost výskytu (O) po opatření	Definování detekce (D) po opatření	RPN = (SxOxD)
1. Protržená hráz rybníka	5	2	3	30	Kontrola stavu hráze, kontrola celkového stavu rybníka; opravy	5	1	2	10
2. Pytláctví	2	4	3	24	Častější obchůzky kolem rybníky; občasné kontroly policie	2	2	2	8
3. Vliv rybožravých predátorů	3	4	3	36	Pořízení poplašného děla; oprávnění k redukci těchto predátorů	3	2	2	12
4. Zamrznutí rybníku	4	2	2	16	Kontrola rybníku, aerátory/ rozmrazovače na hladině; vyřezávání děr do ledu	4	1	1	4
5. Přeeteče rybník	4	1	1	4	Rybník na soustavě, bezpečnostní přepad	2	1	1	2

V tabulce č. 14 již máme ohodnocená jednotlivá rizika pomocí tabulek č. 17, 18, 19 a 20. V této tabulce si můžeme všimnout položky č. 5, která je již od počátku označena zelenou barvou, tedy míra tohoto rizika je přijatelná již od počátku, i když co se týče závažnosti tak se jeho míra pohybuje dosti vysoko.

Tab. č. 15 FMEA – bodové ohodnocení – druhá část [vlastní zpracování]

Riziko	Závažnost dopadů (S)	Pravděpodobnost výskytu (O)	Definování detekce (D)	RPN = (SxOxD)	Opatření	Závažnost dopadů (S) po opatření	Pravděpodobnost výskytu (O) po opatření	Definování detekce (D) po opatření	RPN = (SxOxD)
6. Kyslíkový deficit	4	4	2	32	Obchůzky rybníka s vizuální kontrolou, snížení obsádky (odlovy); použití aerátorů	3	2	2	12
7. Vyschlý rybník	5	2	2	20	Obchůzky rybníka s vizuální kontrolou	5	1	1	5
8. Znečištění vody	3	3	2	18	Kontrola kvality vody u přítoku; rozbory vody	3	2	1	6
9. Choroby ryb	4	2	4	32	Kontrola nasazovaných ryb, popřípadě ryby do karantény; rozbory vody	4	1	3	12
10. Úmyslná kontaminace	5	2	5	50	Častější rozbory vody; vizuální kontrola rybníku, fotopasti	5	2	2	20

V tabulce č. 15 má jediná položka červenou barvu, a to položka č. 10. Tato položka vyžaduje okamžité šetření situace. Přes provedená opatření se však vybarví, tak jak by bylo potřeba, a to hlavně díky fotopastem, které nám ulehčí detekci pro tuto položku.

Tab. č. 16 FMEA – bodové ohodnocení – třetí část [vlastní zpracování]

Riziko	Závažnost dopadů (S)	Pravděpodobnost výskytu (O)	Definování detekce (D)	RPN = (SxOxD)	Opatření	Závažnost dopadů (S) po opatření	Pravděpodobnost výskytu (O) po opatření	Definování detekce (D) po opatření	RPN = (SxOxD)
11. Zanesení rybníka sedimenty	1	3	4	12	Odbahnění rybníka	1	2	3	6
12. Výskyt invazivních druhů ryb	2	2	4	16	Častější odlovy, vizuální kontrola	2	2	3	12
13. Přerybnění rybníka	2	2	4	16	Doplnění znalostí	2	1	4	8
14. Nedostatek potravy	3	3	3	27	Doplnění znalostí; spolupráce s ZD; vždy mít zásobu obilí	3	1	3	9
15. Nasazení nevhodné velikosti ryb	4	2	4	32	Kontrola při nasazování; doplnění znalostí	3	1	4	12
16. Špatná kvalita násady	4	2	4	32	Prověření dodavatele; stálý dodavatel	4	2	2	16

V tabulce č. 16 se vyskytuje jedna položka, která i přes provedená opatření nezměnila barvu, a to položka č. 12. Bohužel u této položky, je nesmírně těžké tomuto stavu zabránit. Invazivní druhy se vám do vody mohou dostat, s násadou, přenosem ptačtva, nebo jí tam někdo úmyslně hodí.

4.3.2 Definování pravděpodobnosti

Tab. č. 17 Definování pravděpodobnosti [vlastní zpracování]

Bodové ohodnocení	Výskyt	Frekvence výskytu
1	Téměř se nevyskytující	Jednou za deset let
2	Nízký	Jednou za pět let
3	Občasný	Několikrát za rok
4	Střední	Několikrát za měsíc
5	Častý	Jednou za týden

V tabulce č. 17 nám definuje riziko, vzhledem k jeho výskytu, s jakým může nastat a jeho patřičné bodové hodnocení, se kterým se dále pracuje přímo ve FMEA matici.

4.3.3 Definování dopadů

Tab. č. 18 Definování dopadů rizik [vlastní zpracování]

Bodové ohodnocení	Závažnost	Následek
1	Žádná	Rybí populaci nehrozí žádná větší nebezpečí. Majiteli nehrozí žádná větší finanční ztráta.
2	Nízká	Část rybí populace je vystavena nepříznivým vlivům, které poté způsobí finanční problémy.
3	Střední	Rybí populace je vystavena nepříznivým vlivům, které mohou vést až k úmrtí části obsádky.
4	Vysoká	Dopad, který má vysoký vliv na část rybí populaci v rybníce. Může být pro rybí populaci smrtelný.
5	Kritická	Dopad, který má obrovský vliv na celou rybí populaci v rybníce. Může být pro celou rybí populaci smrtelný.

Tabulka č. 18 je zaměřena na závažnosti, které riziko provázejí. Zde je také patřičně okomentován následek, které je úměrný každému stupni závažnosti.

4.3.4 Definování detekce

Tab. č. 19 Definování detekce rizika [vlastní zpracování]

Bodové ohodnocení	Detekce	Pravděpodobnost detekce
1	Téměř jistá	90-100 %
2	Vysoká	66-89 %
3	Střední	36-65 %
4	Nízká	11-35 %
5	Nejistitelná	0-10 %

V tabulce č. 19 je vidět jak, dobře lze riziko, které nastalo detekovat a s jakou pravděpodobností. Máme zde rizika, které jsou prakticky nedetekovatelná, a pak také i ta, které jsou viditelná ihned.

4.3.5 Intervalové rozčlenění

Tab. č. 20 Intervalové rozčlenění rizik [vlastní zpracování]

Interval	Označení	Popis
(1-10)	přijatelná	Rizika, která nevyžadují opatření, jsou zanedbatelná, ale měly by zvýšit pozornost.
(11-20)	nevyžadující opatření	Rizika, na která můžeme aplikovat protioopatření, ale nejsou nutná.
(21-49)	vyžadující opatření	Rizika, která vyžadují opatření v průběhu blízké doby.
(50-125)	nepřijatelná	Rizika, která vyžadují opatření ihned.

Tabulka č. 20 pro je pro nás nejvíce důležitá, jelikož nám říká, která rizika, jsou pro nás přijatelná, a se kterými se už musí začít něco dělat. Tudíž provádět jistá opatření.

Tabulky jsou sestaveny na bázi znalostí, které jsem nabyl při studiu. Dále jsem při sestavování tabulek a samotné FMEA analýzy využil svých znalostí, které jsem získal z práce na sádkách nebo na praxích, které jsem absolvoval i v zahraničí. Zbytek znalostí jsem nabyl při mém druhém studiu na Mendelově univerzitě, kde studuji obor Rybářství a Hydrobiologie.

5 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

V této kapitole budou nejprve porovnány optimální obsádky, které nám poskytly výsledky z programu GAMS a mého expertního odhadu, jenž je založen jak na mých osobních zkušenostech, tak i na zkušenostech mého nadřízeného.

V druhé části analýzy výsledků budeme řešit dosažené výsledky a zlepšení, které nám poskytla FMEA matice.

5.1 ANALÝZA VÝSLEDKŮ PRO OPTIMALIZAČNÍ MODEL Z PROGRAMU GAMS

Kapitola analýza výsledků pro optimalizační model z programu GAMS zahrnuje dva modely. Porovnání těchto modelů lze vidět na obrázcích č. 15, 16, 17 a 18. Přičemž obrázek č. 15 poukazuje na optimalizaci, které byla vytvořena kompletně programem GAMS. Náhodně zde byly generovány objemy obsádek, které však byly podmíněny intervalem pro minimální a maximální obsádku rybníka. Ve stejném duchu byl řešen koeficient růstu, který měl taktéž intervalově předem dané minimální a maximální hodnoty a je ve dvou scénářích názorně ukázán na obrázku č. 16.

Na obrázku č. 17 je optimalizační model, který se zakládal na historických údajích, které jsem sám shromáždil v průběhu několika let, z nichž jsem pak dále vyvodil svůj expertní odhad. Tento model je založen na pevně stanovené obsádce rybníka o velikosti jednoho hektaru, jediná věc, které je náhodně generována, tak je koeficient růstu, který však měl předem intervalově dané minimální a maximální hodnoty o které ryby mohli narůst, které je obdobně jako u předchozího modelu názorně ukázán ve dvou scénářích na obrázku č. 18.

Pro oba modely platily fixní ceny jak pro nákup násadového materiálu, tak na prodej tržních. Tyto ceny byly vypočítány podle průměru ze čtyřech po sobě jdoucích let, a jsou zapsány v tabulkách č. 7 a 8. Koeficient růstu, který je taktéž pro oba modely stejný je popsán v tabulce č. 9, a je vypočítán úplně stejně jako cena násadového materiálu a tržní cena ryb. Koeficient růstu u obou modelů je podmíněn tím, že vždy musím krmit.

Výsledný celkový zisk vyšel lépe po kompletní optimalizaci pomocí programu GAMS. Zde nebyly fixně stanovené objemy obsádky rybníka, a díky tomu vyhodnotil program optimální obsádku kdy na úkor ostatních druhů ryb zvýšil objem obsádky kapra. Tento tah zvýšil celkový zisk asi o 13 tisíc, což ve finále dělá asi 13 % oproti mému expertně a historicky stanovenému odhadu.

Celkový počet scénářů byl roven deseti, kdy jejich pravděpodobnost pro všechny byla stejná, a to 1/10. Kompletní výpis scénářů je vložen spolu s kompletními výsledky v příloze.

Veškeré tyto tabulky jsou vytvořené z mých osobních poznámek, které jsem si prováděl od začátku, kdy jsem se k této profesi dostal. Měl jsem však i starší roky, bohužel však již byly nečitelné.

Výsledky optimalizace

=====

Celková hodnota účelové funkce z = 113245.04 Kč

Označení uvažovaných druhů ryb:

- KO Kapr obecný
- SO Štika obecná
- BR Bílá ryba
- SV Sumec velký
- LO Lin obecný
- AB Amur bílý
- TB Tolstolobik bílý
- CO Candát obecný

	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bwL	wx	bwU
z =	113245										
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	616.50	823.62	1240.00
cx(j)	52.50	190.00	34.00	175.00	97.50	67.50	40.00	237.50			
cx*x	31874	190	1020	1400	1560	5400	3200	356			
-zx=	- 45000										

	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bHxLa	wx	bHxUa
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50		823.62	
H(KO,j)	1	0	0	0	0	0	0	0	400.00	607.12	800.00
H(SO,j)	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	2.50
H(BR,j)	0	0	1	0	0	0	0	0	30.00	30.00	50.00
H(SV,j)	0	0	0	1	0	0	0	0	8.00	8.00	40.00
H(LO,j)	0	0	0	0	1	0	0	0	16.00	16.00	40.00
H(AB,j)	0	0	0	0	0	1	0	0	80.00	80.00	150.00
H(TB,j)	0	0	0	0	0	0	1	0	80.00	80.00	150.00
H(CO,j)	0	0	0	0	0	0	0	1	1.50	1.50	7.50

	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO		Ampx	
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50			
Am(1 ,j)	0.00	-3.00	1.00	-3.00	0.00	0.00	0.00	-3.00		-1.50	<= 0
Ap(1 ,j)	0.00	-1.50	1.00	-1.50	0.00	0.00	0.00	-1.50	0	<=	14.25

	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	v	suma	bR
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	1500.00		
cx(j)	52.50	190.00	34.00	175.00	97.50	67.50	40.00	237.50	4.00		
cx*x	31874	190	1020	1400	1560	5400	3200	356	6000	51000	<=51000
-zv=	- 6000										

+zy= + 164245

Obr. č. 15 Výsledky optimalizace [vlastní zpracování]

s = s01	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU	
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00	

xi	0.17	1.00	0.36	0.11	0.41	0.66	0.07	0.24	(bvU-v)/(bvU-bvL)			
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00			

1-xi	0.83	0.00	0.64	0.89	0.59	0.34	0.93	0.76	(v-bvL)/(bvU-bvL)			
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00			

Ts	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68				
Tsmod	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68				
y(j,s)	1465.66	1.50	39.84	16.98	25.77	133.69	193.01	2.52				
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)			
q*y	139238	365	1394	3651	3350	12700	10230	932	171860.2			
pqy	17186											

s = s02	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU	
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00	

xi	0.84	0.58	0.35	0.50	0.12	0.76	0.18	0.25	(bvU-v)/(bvU-bvL)			
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00			

1-xi	0.16	0.42	0.65	0.50	0.88	0.24	0.82	0.75	(v-bvL)/(bvU-bvL)			
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00			

Ts	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68				
Tsmod	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68				
y(j,s)	1261.82	1.79	39.89	14.79	29.08	127.63	183.14	2.52				
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)			
q*y	119873	436	1396	3179	3781	12125	9706	931	151426.1			
pqy	15143											

Obr. č. 16 Vybrané scénáře pro optimalizaci [vlastní zpracování]

Výsledky pro srovnání (historie/můj odhad)

Celková hodnota účelové funkce z = 100585.32 Kč

Označení uvažovaných druhů ryb:

KO Kapr obecný
 SO Štika obecná
 BR Bílá ryba
 SV Sumec velký
 LO Lin obecný
 AB Amur bílý
 TB Tolstolobik bílý
 CO Candát obecný

	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bwL	wx	bwU
z =	100585										
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	616.50	774.00	1240.00
cx(j)	52.50	190.00	34.00	175.00	97.50	67.50	40.00	237.50			
cx*x	26250	285	1360	1750	1950	6750	4000	594			
-zx=	- 42939										
	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bHxLa	wx	bHxUa
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50		774.00	
H(KO,j)	1	0	0	0	0	0	0	0	400.00	500.00	800.00
H(SO,j)	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.50	2.50
H(BR,j)	0	0	1	0	0	0	0	0	30.00	40.00	50.00
H(SV,j)	0	0	0	1	0	0	0	0	8.00	10.00	40.00
H(LO,j)	0	0	0	0	1	0	0	0	16.00	20.00	40.00
H(AB,j)	0	0	0	0	0	1	0	0	80.00	100.00	150.00
H(TB,j)	0	0	0	0	0	0	1	0	80.00	100.00	150.00
H(CO,j)	0	0	0	0	0	0	0	1	1.50	2.50	7.50
	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	Ampx		
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50			
Am(1 ,j)	0.00	-3.00	1.00	-3.00	0.00	0.00	0.00	-3.00		-2.00	<= 0
Ap(1 ,j)	0.00	-1.50	1.00	-1.50	0.00	0.00	0.00	-1.50	0	<=	19.00
	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	v	suma	bR
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	1500.00		
cx(j)	52.50	190.00	34.00	175.00	97.50	67.50	40.00	237.50	4.00		
cx*x	26250	285	1360	1750	1950	6750	4000	594	6000	48939	<=51000
-zv=	- 6000										
+zy=	+ 149524										

Obr. č. 17 Výsledky k porovnání (historie/můj odhad) [vlastní zpracování]

s = s01	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU	
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00	

xi	0.17	1.00	0.36	0.11	0.41	0.66	0.07	0.24	(bvU-v)/(bvU-bvL)			
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00			

1-xi	0.83	0.00	0.64	0.89	0.59	0.34	0.93	0.76	(v-bvL)/(bvU-bvL)			
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00			

Ts	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68				
Tsmod	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68				
y(j,s)	1207.06	2.25	53.12	21.23	32.21	167.11	241.27	4.20				
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)			
q*y	114671	547	1859	4564	4188	15876	12787	1553	156044.4			
pqy	15604											

s = s02	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU	
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00	

xi	0.84	0.58	0.35	0.50	0.12	0.76	0.18	0.25	(bvU-v)/(bvU-bvL)			
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00			

1-xi	0.16	0.42	0.65	0.50	0.88	0.24	0.82	0.75	(v-bvL)/(bvU-bvL)			
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00			

Ts	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68				
Tsmod	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68				
y(j,s)	1039.18	2.69	53.19	18.48	36.35	159.53	228.92	4.19				
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)			
q*y	98722	654	1862	3974	4726	15156	12133	1551	138777.5			
pqy	13878											

Obr. č. 18 Vybrané scénáře pro porovnání (historie/můj odhad) [vlastní zpracování]

5.2 ANALÝZA VÝSLEDKŮ PRO MATICI FMEA

Pro analýzu výsledků z matice FMEA jsem vybral pár příkladů, které se mi zdáli nejzajímavější, ať už tím že po zavedení opatření značně klesla míra rizika, nebo se naopak neměnila. Pro svoji analýzu jsem vytvořil nové dvě tabulky. Tabulka č. 21 vyhotovena na bázi tabulek č. 14, 15 a 16 kde jsou jednotlivá rizika bodově ohodnocena a z tohoto bodového hodnocení jsem vytvořil tabulku, která vystihuje z mého pohledu nejzajímavější položky, které celé FMEA matice obsahuje. Položky, o kterých budu mluvit máte všechny detailněji popsány v tabulkách č. 11, 12 a 13.

Vezme to pěkně po pořádku a začneme s „**vlivem rybožravých predátorů**“. Toto téma je u rybářů „omílané“ neustále dokola. Rybáři si neustále kladou otázku, jak se zbavit rybožravých predátorů? Odpověď: Instalace poplašného děla, ano je to řešení, ale při pomyšlení, že by se na každý rybník, který dané rybářství vlastní mělo instalovat poplašné dělo je z ohledu finančního děsivá. Další řešení, které je zde jako možné, a dokonce i finančně lépe přístupné, je redukce těchto

predátorů, ať už odstřelením, nebo chytáním do tzv. „sklopců“, ale zde je zapotřebí, aby se na každé rybářství zařizovalo zvláštní povolení k jejich odstřelení, nebo odchytu. A dokonce i přes povolení často bývají problémy s ochránci přírody, kteří se ve všem snaží najít skulinu.

Dále bych přešel k dalšímu riziku a tím je, že nám **přeteče rybník**. Tento problém jsem zvolil jenom proto, že jeho prvotní míra rizika před zavedení jakéhokoliv opatření jen velmi nízká a rovná se číslu čtyři, přestože jeho závažnost je vysoká. Je to dané hlavně pravděpodobností výskytu a detekcí tohoto rizika. V dnešní době jsou rybníky opatřeny bezpečnostními přepady, nebo je většina rybník určená k produkci ryb postavena na soustavě rybníků, a tím je míra riziko snížena na patřičnou hodnotu. I přesto jsem tento úkaz jsem zařadil, protože jsem byl osobně svědkem toho, že rybník při přivalovém dešti přetekl, a pro hospodáře připravil nemalou starost.

Dále bych přistoupil k riziku, kde jeho míra měla nejvyšší číslo z celé tabulky a již spadala do kategorie, že je potřeba ihned zakročit. Žijeme v době, v jaké žijeme, a proto je toto riziko založeno na lidské nátuře a vztahy mezi lidmi. Pojmenoval jsem je jako **úmyslná kontaminace**. Bohužel pokud dojde až na tohle riziko, tak je potřeba reagovat okamžitě. Samozřejmě záleží na tom, čím Vám pachatel rybník kontaminoval, ale každé zaváhání je v tomhle případě letální pro rybí obsádku. Jako opatření jsem zde zvolil, častější rozbory vody, vizuální kontrolu rybníku a v krajní situaci instalaci fotopastí.

Poslední tři rizika bych chtěl zahrnout dohromady. I když je každé jiné, a to konkrétně **přerybnění rybníka, nedostatek potravy a nasazení nevhodné velikosti ryb**, tak mají všechny jedno společné, a to je pochybení lidského faktoru. A proto je u všech tří uvedeno jako opatření, **doplnění znalostí**, které nám pomohou se takového rizika vyvarovat

Tab. č. 21 Vybraná rizika pro analýzu výsledků [vlastní zpracování]

Riziko	Závažnost dopadů (S)	Pravděpodobnost výskytu (O)	Definování detekce (D)	RPN = (SxOxD)	Opatření	Závažnost dopadů (S) po opatření	Pravděpodobnost výskytu (O) po opatření	Definování detekce (D) po opatření	RPN = (SxOxD)
3. Vliv rybožravých predátorů	3	4	3	36	Pořízení poplašného děla; oprávnění k redukci těchto predátorů	3	2	2	12
5. Přeteče rybník	4	1	1	4	Rybník na soustavě, bezpečnostní přepad	2	1	1	2
10. Úmyslná kontaminace	5	2	5	50	Častější rozbory vody; vizuální kontrola rybníku, fotopasti	5	2	2	20
13. Přerybnění rybníka	2	2	4	16	Doplnění znalostí	2	1	4	8

14.	Nedostatek potravy	3	3	3	27	Doplnění znalostí; spolupráce s ZD; vždy mít zásobu obilí	3	1	3	9
15.	Nasazení nevhodné velikosti ryb	4	2	4	32	Kontrola při nasazování; doplnění znalostí	3	1	4	12

6 ZÁVĚR

V této práci byl na základě představených metod a nástrojů, které byly popsány v předešlých kapitolách navržen optimalizační model pro optimalizaci v rybářském průmyslu, konkrétně se jednalo o optimalizaci produkce rybníku. V optimalizačním modelu byly využity jak fixní (nákupní cena, prodejní cena, cena obilí), tak proměnné parametry, které byla však omezeny intervaly (koeficient růstu, objem obsádky). Celkem bylo sestaveno deset scénářů se stejnou pravděpodobností. Komplettní optimalizační model vznikl za úzké spolupráce mého vedoucího.

Výsledný optimalizační model byl porovnán s optimalizačním modelem, který byl vytvořen na základě historických a expertních údajů. Nutno podotknout, že optimalizační program zvýšil celkový zisk po zavedení změn v oblasti objemu obsádky. Oba modely byly zaměřeny na nasazení rybníka o velikosti jednoho hektaru a tomu také odpovídala nadefinovaná čísla.

Dále se v práci pracovalo s maticí FMEA, které byla taktéž nadefinována v předešlých kapitolách. Matice byla definována pravděpodobností výskytu rizika, jeho detekcí, dále jeho závažností. na každé riziko byly uvedena opatření.

Modelovací program GAMS mi sloužil, ke všem výpočtům a veškeré optimalizaci. Jako další pomocný program k vytvoření tabulek jsem použil MS Excel, ve kterém jsem posléze vytvořil kompletní FMEA analýzu, která je kvůli své velikosti v samotné práci rozčleněna do vícero tabulek. Výsledky, které mi vyšly z FMEA matice byly vyselektovány na ty zajímavější a rozebrány v analýze výsledků.

Po jisté úpravě, byla analýza FMEA, která je sestavena v mé diplomové práci využita i v reálném životě, kdy jsme ji sám osobně použil v práci, kde momentálně pracuji.

V budoucnosti by nebylo od věci tento optimální model, který nám vytvořil program GAMS, uvést do reálného světa, aby se opravdu potvrdilo, zda jsou výsledky realizovatelné na reálném rybníku v reálném čase. Pro tuhle studii by, ale bylo potřeba pokus opakovat vícekrát (např. třikrát až čtyřikrát) pro utvrzení, porovnání a kontrolu výsledků.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TICHÝ, Milík. *Ovládnání rizika: analýza a management*. V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-717-9415-5.
- [2] TALEB, Nassim Nicholas. *Fooled by Randomness: The Hidden Role of Chance in Life and in the Markets*. 1. United States: Random House, 2001. ISBN 0-8129-7521-9.
- [3] ROSS, Sheldon. *Introduction to Probability Model*. 9th Edition. United States: Academic Press, 2006. ISBN 9780080920177.
- [4] MCDERMOTT, E.R. a E.Raymond J. *The basics of FMEA*. 2nd ed. New York: CRC Press, 2009. ISBN 1439809615.
- [5] SPURNÝ, Petr, Jan MAREŠ, Radovan KOPP a Pavla ŘEZNÍČKOVÁ. *Hydrobiologie a rybářství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-345-5.
- [6] DUBSKÝ, Karel. *Chov ryb v rybnících*. Vodňany: Střední škola rybářská a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2014. ISBN 978-80-87096-20-8.
- [7] ADÁMEK, Zdeněk. *Příručka pro rybářské hospodáře*. Praha: Český rybářský svaz, 2013. ISBN 978-80-905280-2-4.
- [8] MOLNÁR, K., Székely, C. and Láng, M. *Field guide to the control of warmwater fish diseases in Central and Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No.1182. Ankara 2019, FAO. 124 pp. ISBN 978-92-5-131489-0.
- [9] NOGA, E.J. *Fish Disease: Diagnosis and Treatment*, Second Edition. Second Edition. USA: Blackwell Publishing, 2010. ISBN 9781118786758.
- [10] AOKI, Takashi. *FISH DISEASES*. 1. Abu Dhabi: EOLSS Publications, 2016. ISBN 978-1-78021-540-2.
- [11] GÁL, T. *Úvod do lineárního programování*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1968
- [12] GRYGAROVÁ. L. *Úvod do lineárního programování*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1975
- [13] KLAPKA, Jindřich, DVOŘÁK, Jiří, POPELA, Pavel, 2001. *Metody operačního výzkumu*, Brno.
- [14] LUENBERGER, David G. a Yinyu YE. *Linear and Nonlinear Programming*. 4. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. ISBN 978-3-319-18841-6.
- [15] LINDA, Bohdan a Josef VOLEK. *Lineární programování*. Vyd. 4. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. ISBN 978-80-7395-426-0.
- [16] KALL, P. and S. WALLACE. *Stochastic Programming*. 1st ed. New York: John Wiley & Sons, 1994, 326 p. ISBN 978-0471951087.
- [17] KLAPKA, J. a kol. *Metody operačního výzkumu*. 2. vyd. Brno: VUT, 2000.

- [18] KING, Allan J. a Stein W. WALLACE, 2012. Modelling with stochastic programming. Springer Verlag. ISBN 978-0-387-87817-1.
- [19] SHAPIRO. A. a. Philpott, A Tutorial on Stochastic Programming, Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2007
- [20] MOŘICKÝ, Jakub, Lukáš MAREŠ, Hana ŽENÍŠKOVÁ a Petr CHALUPA, ed. SITUAČNÍ A VÝHLEDOVÁ ZPRÁVA: RYBY. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN 978-80-7434-582-1. ISSN 1211-7692.
- [21] BURNIE, David, ed. Zvíře. Překlad Jiří Šmaha. 1. vyd. V Praze: Knižní klub, 2002. 624 s. ISBN 80-242-0862-8.
- [22] BROOKE, A., D. Kendrick, A. Meeraus a R. Raman, GAMS – A User's Guide, Washington, DC: GAMS Development Corporation, 1998.
- [23] ROSENTHAL. R. E., GAMS – A Users's Guide, Washington, DC: GAMS Development Corporation, 2008.
- [24] HŘEBÍČEK, Jiří, Zdeněk POSPÍŠIL a Jaroslav URBÁNEK. Úvod do matematického modelování s využitím Maple. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-691-1.
- [25] Pozor na nebezpečné sinice. Co je dobré vědět, než vlezete do zelené vody. Instory.cz [online]. 2018 [cit. 2021-6-12]. Dostupné z: <https://styl.instory.cz/zdravi/2416-pozor-na-nebezpecne-sinice-co-je-dobre-vedet-nez-vlezete-do-zelene-vody.html>.
- [26] RYBÁŘSKÉ SDRUŽENÍ ČESKÉ REPUBLIKY. RYBÁŘSKÉ SDRUŽENÍ ČESKÉ REPUBLIKY [online]. České Budějovice: Rybářské sdružení ČR & janda.it, 2018 [cit. 2021-6-12]. Dostupné z: <http://www.cz-ryby.cz/produkce-ryb/produkce-a-trh-ryb>.
- [27] Dunaj má problém: Trpí nárůstem plastového a farmaceutického odpadu. Hydrotech [online]. Modřice: hydrotech-group, 2020 [cit. 2021-6-12]. Dostupné z: <https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/dunaj-trpi-narastom-plastoveho-farmaceutickeho-odpadu>.
- [28] FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- [29] NASH, Stephen G. a Ariela SOFER. Linear and Nonlinear Programming. 1. United States: McGraw-Hill College, 1995. ISBN 978-0070460652.
- [30] WILLIAMS, H. P. Model Building Mathematical Programming. Chichester: John Wiley & Sons, 1993. ISBN 0-471-94111-5.
- [31] ANDĚL, J.: Statistické metody. 2. vyd., Matfyzpress, Praha, 1998.
- [32] PARDALOS P., Resende M. Handbook of Applied Optimization, Oxford University Press, 2002.

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 Vývoj výměry obhospodařovaných rybníků na území dnešní České republiky [vlastní zpracování] [26]	15
Tab. č. 2 Produkce ryb v ČR [vlastní zpracování] [20]	16
Tab. č. 3 Problematika rybožravých predátorů [vlastní zpracování] [20]	19
Tab. č. 4 Časový harmonogram provozu rybníka při jednoletém cyklu [vlastní zpracování]	32
Tab. č. 5 Časový harmonogram provozu rybníka [vlastní zpracování]	34
Tab. č. 6 Časový harmonogram provozu rybníka (optimální) při jednoletém cyklu [vlastní zpracování]	36
Tab. č. 7 Cena násad jednotlivých druhů ryb (kupní cena) [vlastní zpracování]	38
Tab. č. 8 Tržní cena jednotlivých druhů ryb (prodejní cena) [vlastní zpracování]	38
Tab. č. 9 Koefficient růstu jednotlivých druhů ryb [vlastní zpracování]	39
Tab. č. 10 Optimální stanovení obsádky v ks/ha [vlastní zpracování] [7]	39
Tab. č. 11 FMEA – popis jednotlivých rizik – část první [vlastní zpracování]	50
Tab. č. 12 FMEA – popis jednotlivých rizik – část druhá [vlastní zpracování]	51
Tab. č. 13 FMEA – popis jednotlivých rizik – část třetí [vlastní zpracování]	52
Tab. č. 14 FMEA – bodové ohodnocení – první část [vlastní zpracování]	53
Tab. č. 15 FMEA – bodové ohodnocení – druhá část [vlastní zpracování]	54
Tab. č. 16 FMEA – bodové ohodnocení – třetí část [vlastní zpracování]	55
Tab. č. 17 Definování pravděpodobnosti [vlastní zpracování]	56
Tab. č. 18 Definování dopadů rizik [vlastní zpracování]	56
Tab. č. 19 Definování detekce rizika [vlastní zpracování]	57
Tab. č. 20 Intervalové rozčlenění rizik [vlastní zpracování]	57
Tab. č. 21 Vybraná rizika pro analýzu výsledků [vlastní zpracování]	64

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 Světová produkce ryb [28]	14
Obr. č. 2 Znečištění vody sinicemi [25].....	19
Obr. č. 3 Znečištěný rybník [27].....	21
Obr. č. 4 Souhrn indexů a označení [vlastní zpracování].....	40
Obr. č. 5 Představení horních a dolních mezí pro hmotnosti a množství krmiva [vlastní zpracování]	41
Obr. č. 6 Popsání jednotlivých parametrů [vlastní zpracování]	42
Obr. č. 7 Nastavení horní a dolních mezí a nastavení pravděpodobností scénářů [vlastní zpracování].....	43
Obr. č. 8 Jednotková matice pro vztahy mezi objemy jednotlivých druhů ryb [vlastní zpracování]	43
Obr. č. 9 Vztah mezi dravou rybou a bílou rybou [vlastní zpracování]	44
Obr. č. 10 Koeficient růstu [vlastní zpracování]	45
Obr. č. 11 Proměnné obsaženy v optimalizačním modelu [vlastní zpracování].....	46
Obr. č. 12 Výpis omezení pro optimalizační model [vlastní zpracování]	47
Obr. č. 13 Seznam omezení [vlastní zpracování]	48
Obr. č. 14 Nastavení výstupního souboru [vlastní zpracování]	49
Obr. č. 15 Výsledky optimalizace [vlastní zpracování].....	59
Obr. č. 16 Vybrané scénáře pro optimalizaci [vlastní zpracování].....	60
Obr. č. 17 Výsledky k porovnání (historie/můj odhad) [vlastní zpracování].....	61
Obr. č. 18 Vybrané scénáře pro porovnání (historie/můj odhad) [vlastní zpracování].....	62

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Zdrojový kód GAMS

Příloha č. 2 Kompletní výpis výsledků

PŘÍLOHY

Zdrojový kód GAMS je obsažen v souboru zip.

Kompletní výpis výsledků optimalizace

Celková hodnota účelové funkce z = 113245.04 Kč

Označení uvažovaných druhů ryb:

KO Kapr obecný
 SO Štika obecná
 BR Bílá ryba
 SV Sumec velký
 LO Lín obecný
 AB Amur bílý
 TB Tolstolobik bílý
 CO Candát obecný

```
=====
                KO    SO    BR    SV    LO    AB    TB    CO    bwL    wx    bwU
z = 113245
x(j)          607.12  1.00  30.00  8.00  16.00  80.00  80.00  1.50  616.50  823.62  1240.00
cx(j)          52.50 190.00  34.00 175.00  97.50  67.50  40.00 237.50
cx*x          31874   190   1020   1400   1560   5400   3200   356
-zx= - 45000
=====
```

```
=====
                KO    SO    BR    SV    LO    AB    TB    CO    bHxLa    wx    bHxUa|
x(j)          607.12  1.00  30.00  8.00  16.00  80.00  80.00  1.50          823.62
H(KO,j)         1     0     0     0     0     0     0     0    400.00  607.12  800.00
H(SO,j)         0     1     0     0     0     0     0     0     1.00    1.00    2.50
H(BR,j)         0     0     1     0     0     0     0     0    30.00  30.00   50.00
H(SV,j)         0     0     0     1     0     0     0     0     8.00    8.00   40.00
H(LO,j)         0     0     0     0     1     0     0     0    16.00  16.00   40.00
H(AB,j)         0     0     0     0     0     1     0     0    80.00  80.00  150.00
H(TB,j)         0     0     0     0     0     0     1     0    80.00  80.00  150.00
H(CO,j)         0     0     0     0     0     0     0     1     1.50    1.50    7.50
=====
```

```
-----
                KO    SO    BR    SV    LO    AB    TB    CO          Ampx
x(j)          607.12  1.00  30.00  8.00  16.00  80.00  80.00  1.50
Am(1 ,j)       0.00 -3.00  1.00 -3.00  0.00  0.00  0.00 -3.00    -1.50 <=  0
Ap(1 ,j)       0.00 -1.50  1.00 -1.50  0.00  0.00  0.00 -1.50    0 <=  14.25
-----
```

```
-----
                KO    SO    BR    SV    LO    AB    TB    CO    v    suma    bR
x(j)          607.12  1.00  30.00  8.00  16.00  80.00  80.00  1.50 1500.00
cx(j)          52.50 190.00  34.00 175.00  97.50  67.50  40.00 237.50    4.00
cx*x          31874   190   1020   1400   1560   5400   3200   356    6000  51000 <=51000
-zv= - 6000
=====
```

 +zy= + 164245

s = s01	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.17	1.00	0.36	0.11	0.41	0.66	0.07	0.24	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.83	0.00	0.64	0.89	0.59	0.34	0.93	0.76	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68			
Tsmod	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68			
y(j,s)	1465.66	1.50	39.84	16.98	25.77	133.69	193.01	2.52			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	139238	365	1394	3651	3350	12700	10230	932	171860.2		
pqy	17186										

s = s02	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.84	0.58	0.35	0.50	0.12	0.76	0.18	0.25	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.16	0.42	0.65	0.50	0.88	0.24	0.82	0.75	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68			
Tsmod	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68			
y(j,s)	1261.82	1.79	39.89	14.79	29.08	127.63	183.14	2.52			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	119873	436	1396	3179	3781	12125	9706	931	151426.1		
pqy	15143										

s = s03	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.55	0.99	0.13	0.16	0.31	0.63	0.53	0.13	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.45	0.01	0.87	0.84	0.69	0.37	0.47	0.87	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.22	1.51	1.37	2.09	1.68	1.70	1.87	1.73			
Tsmod	2.22	1.51	1.37	2.09	1.68	1.70	1.87	1.73			
y(j,s)	1350.73	1.51	41.21	16.70	26.88	135.84	149.54	2.60			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	128319	366	1442	3591	3495	12905	7926	963	159006.5		
pqy	15901										

s = s04	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.30	0.76	0.15	0.87	0.05	0.28	0.75	0.93	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.70	0.24	0.85	0.13	0.95	0.72	0.25	0.07	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.35	1.67	1.37	1.59	1.87	1.97	1.60	1.33			
Tsmod	2.35	1.67	1.37	1.59	1.87	1.97	1.60	1.33			
y(j,s)	1426.38	1.67	41.10	12.71	29.88	157.83	127.98	2.00			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	135507	405	1438	2734	3884	14994	6783	740	166484.7		
pqy	16648										
s = s05	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.29	0.13	0.59	0.27	0.34	0.09	0.18	0.38	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.71	0.87	0.41	0.73	0.66	0.91	0.82	0.62	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.35	2.11	1.28	2.01	1.66	2.13	2.29	1.61			
Tsmod	2.35	2.11	1.28	2.01	1.66	2.13	2.29	1.61			
y(j,s)	1429.09	2.11	38.47	16.12	26.61	170.47	182.90	2.42			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	135764	512	1346	3465	3459	16195	9694	894	171328.3		
pqy	17133										
s = s06	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.22	0.64	0.83	0.29	0.18	0.10	0.03	0.78	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.78	0.36	0.17	0.71	0.82	0.90	0.97	0.22	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.39	1.75	1.23	2.00	1.77	2.12	2.46	1.41			
Tsmod	2.39	1.75	1.23	2.00	1.77	2.12	2.46	1.41			
y(j,s)	1449.78	1.75	37.01	16.00	28.36	169.44	196.72	2.11			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	137730	426	1296	3440	3687	16097	10426	782	173882.1		
pqy	17388										

s = s07	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	C0	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.35	0.16	0.23	0.59	0.65	0.64	0.59	0.30	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.65	0.84	0.77	0.41	0.35	0.36	0.41	0.70	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.33	2.09	1.35	1.78	1.45	1.69	1.80	1.65			
Tsmod	2.33	2.09	1.35	1.78	1.45	1.69	1.80	1.65			
y(j,s)	1411.60	2.09	40.62	14.27	23.17	134.96	143.83	2.47			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	134102	507	1422	3069	3012	12821	7623	916	163471.8		
pqy	16347										
s = s08	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	C0	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.86	0.25	0.67	0.72	0.56	0.55	0.62	0.13	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.14	0.75	0.33	0.28	0.44	0.45	0.38	0.87	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.07	2.02	1.27	1.69	1.51	1.76	1.75	1.74			
Tsmod	2.07	2.02	1.27	1.69	1.51	1.76	1.75	1.74			
y(j,s)	1257.87	2.02	38.01	13.55	24.12	141.10	140.36	2.61			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	119498	492	1330	2914	3136	13405	7439	964	149177.1		
pqy	14918										
s = s09	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	C0	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.07	0.67	0.78	0.63	0.77	0.03	0.39	0.75	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.93	0.33	0.22	0.37	0.23	0.97	0.61	0.25	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.47	1.73	1.24	1.76	1.36	2.17	2.03	1.43			
Tsmod	2.47	1.73	1.24	1.76	1.36	2.17	2.03	1.43			
y(j,s)	1497.42	1.73	37.34	14.08	21.78	173.98	162.62	2.14			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	142255	421	1307	3028	2831	16528	8619	791	175780.2		
pqy	17578										

s = s10	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	607.12	1.00	30.00	8.00	16.00	80.00	80.00	1.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.50	0.44	0.30	0.46	0.30	0.79	0.36	0.07	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.50	0.56	0.70	0.54	0.70	0.21	0.64	0.93	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.25	1.90	1.34	1.88	1.69	1.57	2.07	1.77			
Tsmod	2.25	1.90	1.34	1.88	1.69	1.57	2.07	1.77			
y(j,s)	1365.95	1.90	40.18	15.00	27.06	125.29	165.56	2.65			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	129766	461	1406	3226	3518	11902	8775	980	160033.5		
pqy	16003										

Vysledky pro srovnání

Celková hodnota účelové funkce z = 100585.32 Kč

Označení uvažovaných druhů ryb:

- KO Kapr obecný
- SO Štika obecná
- BR Bílá ryba
- SV Sumec velký
- LO Lin obecný
- AB Amur bílý
- TB Tolstolobik bílý
- CO Candát obecný

z = 100585	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bwL	wx	bwU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	616.50	774.00	1240.00
cx(j)	52.50	190.00	34.00	175.00	97.50	67.50	40.00	237.50			
cx*x	26250	285	1360	1750	1950	6750	4000	594			
-zx=	- 42939										

x(j)	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bHxLa	wx	bHxUa
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50		774.00	
H(KO,j)	1	0	0	0	0	0	0	0	400.00	500.00	800.00
H(SO,j)	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.50	2.50
H(BR,j)	0	0	1	0	0	0	0	0	30.00	40.00	50.00
H(SV,j)	0	0	0	1	0	0	0	0	8.00	10.00	40.00
H(LO,j)	0	0	0	0	1	0	0	0	16.00	20.00	40.00
H(AB,j)	0	0	0	0	0	1	0	0	80.00	100.00	150.00
H(TB,j)	0	0	0	0	0	0	1	0	80.00	100.00	150.00
H(CO,j)	0	0	0	0	0	0	0	1	1.50	2.50	7.50

x(j)	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	Ampx		
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50			
Am(1 ,j)	0.00	-3.00	1.00	-3.00	0.00	0.00	0.00	-3.00	-2.00	<=	0
Ap(1 ,j)	0.00	-1.50	1.00	-1.50	0.00	0.00	0.00	-1.50	0	<=	19.00

x(j)	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	v	suma	bR
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	1500.00		
cx(j)	52.50	190.00	34.00	175.00	97.50	67.50	40.00	237.50	4.00		
cx*x	26250	285	1360	1750	1950	6750	4000	594	6000	48939	<=51000
-zv=	- 6000										

+zy= + 149524

s = s01	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.17	1.00	0.36	0.11	0.41	0.66	0.07	0.24	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.83	0.00	0.64	0.89	0.59	0.34	0.93	0.76	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68			
Tsmod	2.41	1.50	1.33	2.12	1.61	1.67	2.41	1.68			
y(j,s)	1207.06	2.25	53.12	21.23	32.21	167.11	241.27	4.20			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	114671	547	1859	4564	4188	15876	12787	1553	156044.4		
pqy	15604										

s = s02	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.84	0.58	0.35	0.50	0.12	0.76	0.18	0.25	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.16	0.42	0.65	0.50	0.88	0.24	0.82	0.75	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68			
Tsmod	2.08	1.79	1.33	1.85	1.82	1.60	2.29	1.68			
y(j,s)	1039.18	2.69	53.19	18.48	36.35	159.53	228.92	4.19			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	98722	654	1862	3974	4726	15156	12133	1551	138777.5		
pqy	13878										

s = s03	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.55	0.99	0.13	0.16	0.31	0.63	0.53	0.13	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.45	0.01	0.87	0.84	0.69	0.37	0.47	0.87	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.22	1.51	1.37	2.09	1.68	1.70	1.87	1.73			
Tsmod	2.22	1.51	1.37	2.09	1.68	1.70	1.87	1.73			
y(j,s)	1112.41	2.26	54.95	20.88	33.60	169.80	186.92	4.34			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	105679	549	1923	4489	4368	16131	9907	1605	144650.9		
pqy	14465										

s = s04	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.30	0.76	0.15	0.87	0.05	0.28	0.75	0.93	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.70	0.24	0.85	0.13	0.95	0.72	0.25	0.07	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.35	1.67	1.37	1.59	1.87	1.97	1.60	1.33			
Tsmod	2.35	1.67	1.37	1.59	1.87	1.97	1.60	1.33			
y(j,s)	1174.72	2.50	54.80	15.89	37.35	197.29	159.98	3.33			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	111598	607	1918	3417	4855	18743	8479	1233	150850.2		
pqy	15085										
s = s05	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.29	0.13	0.59	0.27	0.34	0.09	0.18	0.38	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.71	0.87	0.41	0.73	0.66	0.91	0.82	0.62	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.35	2.11	1.28	2.01	1.66	2.13	2.29	1.61			
Tsmod	2.35	2.11	1.28	2.01	1.66	2.13	2.29	1.61			
y(j,s)	1176.95	3.16	51.29	20.14	33.26	213.09	228.63	4.03			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	111810	769	1795	4331	4324	20243	12117	1489	156878.0		
pqy	15688										
s = s06	K0	S0	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.22	0.64	0.83	0.29	0.18	0.10	0.03	0.78	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.78	0.36	0.17	0.71	0.82	0.90	0.97	0.22	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.39	1.75	1.23	2.00	1.77	2.12	2.46	1.41			
Tsmod	2.39	1.75	1.23	2.00	1.77	2.12	2.46	1.41			
y(j,s)	1193.99	2.63	49.35	20.00	35.45	211.80	245.90	3.52			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	113429	639	1727	4300	4609	20121	13033	1303	159159.6		
pqy	15916										

s = s07	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.35	0.16	0.23	0.59	0.65	0.64	0.59	0.30	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.65	0.84	0.77	0.41	0.35	0.36	0.41	0.70	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.33	2.09	1.35	1.78	1.45	1.69	1.80	1.65			
Tsmod	2.33	2.09	1.35	1.78	1.45	1.69	1.80	1.65			
y(j,s)	1162.54	3.13	54.15	17.84	28.96	168.70	179.78	4.12			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	110442	761	1895	3836	3765	16026	9529	1526	147780.3		
pqy	14778										
s = s08	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.86	0.25	0.67	0.72	0.56	0.55	0.62	0.13	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.14	0.75	0.33	0.28	0.44	0.45	0.38	0.87	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.07	2.02	1.27	1.69	1.51	1.76	1.75	1.74			
Tsmod	2.07	2.02	1.27	1.69	1.51	1.76	1.75	1.74			
y(j,s)	1035.93	3.04	50.67	16.94	30.15	176.38	175.45	4.34			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	98414	738	1774	3642	3919	16756	9299	1607	136148.6		
pqy	13615										
s = s09	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.07	0.67	0.78	0.63	0.77	0.03	0.39	0.75	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.93	0.33	0.22	0.37	0.23	0.97	0.61	0.25	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.47	1.73	1.24	1.76	1.36	2.17	2.03	1.43			
Tsmod	2.47	1.73	1.24	1.76	1.36	2.17	2.03	1.43			
y(j,s)	1233.22	2.60	49.79	17.60	27.22	217.48	203.28	3.56			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	117156	631	1743	3784	3539	20660	10774	1319	159605.9		
pqy	15961										
s = s10	KO	SO	BR	SV	LO	AB	TB	CO	bvL	v	bvU
x(j)	500.00	1.50	40.00	10.00	20.00	100.00	100.00	2.50	300.00	1500.00	1500.00
xi	0.50	0.44	0.30	0.46	0.30	0.79	0.36	0.07	(bvU-v)/(bvU-bvL)		
TL	2.00	1.50	1.20	1.50	1.20	1.40	1.30	1.30	0.00		
1-xi	0.50	0.56	0.70	0.54	0.70	0.21	0.64	0.93	(v-bvL)/(bvU-bvL)		
TU	2.50	2.20	1.40	2.20	1.90	2.20	2.50	1.80	1.00		
Ts	2.25	1.90	1.34	1.88	1.69	1.57	2.07	1.77			
Tsmod	2.25	1.90	1.34	1.88	1.69	1.57	2.07	1.77			
y(j,s)	1124.95	2.84	53.57	18.75	33.83	156.61	206.95	4.41			
q(j)	95.0	243.0	35.0	215.0	130.0	95.0	53.0	370.0	zys(s)		
q*y	106870	691	1875	4032	4398	14878	10969	1633	145345.4		
pqy	14535										