

# ANALIZA DEJAVNIKOV RIBOLOVNE UČINKOVITOSTI V METIERJIH SEVERNEGA ATLANTIKA

JANJA JEREBIC<sup>1</sup>, ŠPELA KAJZER<sup>2</sup>, ŠPELA TERTINEK<sup>3</sup>,  
ANJA GORIČAN<sup>3</sup> & DRAGO BOKAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija, e-pošta: janja.jerebic@um.si.

<sup>2</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška c. 160, Maribor, Slovenija, e-pošta: spela.kajzer@student.um.si, drago.bokal@um.si.

<sup>3</sup>DataBitLab d.o.o., Kočevarjeva ulica 7, Maribor, Slovenija, e-pošta: spela.tertinek@databitlab.eu, anja.gorican@databitlab.eu.

**Povzetek** Upravljanje ribolovnih flot je pomemben dejavnik trajnostnega izkoriščanja morskih organizmov za človeško prehrano. Zato regulatorni organi spremljajo izlov in ga na podlagi podatkov tudi omejujejo. V prispevku s ciljem usmerjanja učinkovitosti akterjev izlova analiziramo podatke North Atlantic Fishing Organization, NAFO, o izlovu v Severnem Atlantiku. Navedeni so podatki o času lovljenja (mesec in leto), opremi, lokaciji, vrsti ulova in, za nas najzanimivejši, podatki o ribolovnem naporu, ki jih analiziramo s stališča njihove kakovosti. V tretjem delu prispevka na izbranem primeru izvedemo analizo glavnih komponent posameznih aktivnosti, med katerimi se lahko odločajo akterji izlova. Kompleksnost povezav med množico opazovanih dejavnikov pojasnimo z množico nepovezanih spremenljivk – glavnih komponent, ki so pomembne za doseganje izlovnih ciljev. Ugotovimo, da so deleži variance, ki jih pojasnijo posamezne glavne komponente nizki, kar nakazuje na visoko kompleksnost obravnavane problematike.

## Ključne besede:

ribolovni  
napor,  
izlov,  
ribolovna  
flota,  
severnoatlantska  
ribiška  
organizacija,  
analiza  
glavnih  
komponent.

# ANALYSIS OF FISHING EFFICIENCY FACTORS IN NORTH ATLANTIC MÉTIERS

JANJA JEREBIC<sup>1</sup>, ŠPELA KAJZER<sup>2</sup>, ŠPELA TERTINEK<sup>3</sup>,  
ANJA GORIČAN<sup>3</sup> & DRAGO BOKAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija, e-pošta: janja.jerebic@um.si

<sup>2</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška c. 160, Maribor, Slovenija, e-pošta: spela.kajzer@student.um.si, drago.bokal@um.si

<sup>3</sup>DataBitLab d.o.o., Kočevarjeva ulica 7, Maribor, Slovenija, e-pošta: spela.tertinek@databitlab.eu, anja.gorican@databitlab.eu

**Abstract** The management of fishing fleets is an important factor in the sustainable exploitation of marine organisms for human consumption. Therefore, regulatory services monitor catches and limit them based on data. In this paper, we analyze North Atlantic Fishing Organization (NAFO) data on North Atlantic catches to direct the effectiveness of fishing stakeholders. Data on fishing time (month and year), equipment, location, type of catch, and, for us, the most interesting, data on the fishing effort are given, and their quality is analyzed. In the last part, The Principal Component Analysis for individual activities, among which fishing stakeholders can decide, is performed on a selected data sample. The complexity of the connections between the set of observed activities is explained by new uncorrelated variables - principal components - that are important for achieving the expected fishing catch. We find that the proportions of variance explained by the individual principal components are low, which indicates the high complexity of the topic discussed.

**Keywords:**

fishing effort,  
catch,  
fishing  
fleet,  
north  
atlantic  
fishing organization,  
principal component  
analysis

## **1 Uvod**

Upravljanje ribolovnih flot je pomemben dejavnik trajnostnega izkoriščanja morskih organizmov za človeško prehrano. Zato regulatorni organi spremljajo izlov in ga na podlagi podatkov tudi omejujejo. Podatki o izlovu v metierjih Severnega Atlantika so javno objavljeni na spletnih straneh organizacije North Atlantic Fishing Organization, NAFO. (Izraz metier označuje ribolovno območje, znotraj katerega se lovi izbrano vrsto rib z izbrano opremo.) V prispevku jih analiziramo s ciljem usmerjanja učinkovitosti akterjev izlova. Upravljanje učinkovitosti procesov je smiselno v vsaki organizaciji, pri čemer se je smiselno zavedati, da večje organizacije lahko tovrstnim procesom posvetijo več pozornosti. Transparentnost podatkov, dosežena z njihovo javno objavo, in javno predstavljeni modeli optimizacije učinkovitosti tako predstavljajo korak v smeri ohranjanja pestrosti ribiške flote z možnostjo povečevanja učinkovitosti manjših ribolovnih flot, obenem pa tudi pomagajo pri izmenjavi dobrih praks trajnostne izrabe virov - časa ribolovnega osebja in naprav ter goriva za njihovo poganjanje - med primerljivimi ribolovnimi organizacijami, kar predstavimo v prvem delu prispevka.

Upravljanje ribolovnega napora, spremljanje ulova in posledični vpliv na vzorce izkoriščanja morskih organizmov se smatra za najbolj učinkovit ukrep nadzora ribolova, ki zagotavlja produktivnost in trajnost te gospodarske panoge (Russo et al., 2014b). Od nje je odvisno prebivalstvo večih obmorskih skupnosti, ki so podrobneje identificirane v (Natale et al., 2013). Panoga se v izkoriščanju morskih virov dopolnjuje s prometom in obnovljivimi viri energije, ki ne pomenijo neposredne konkurence, a skupaj obremenjujejo morske ekosisteme in so vplivajo na načine izkoriščanja morja (Campbell et al., 2014). Za potrebe upravljanja ribolovnega napora je vzpostavljen sistem nadzora plovil VMS (European Commission, 2021), ki upravam nacionalnih ribiških flot redno (v dvournem intervalu) sporoča lokacijo, smer in hitrost plovil. Sistem je prva vzpostavila Evropska Unija, s časom pa je postal standardno orodje za upravljanje ribiških flot po vsem svetu. Podatki, ki jih sistem zajema, skozi raziskave odpirajo veliko zanimivih znanstvenih izzivov, vendar je dostop do njih omejen zaradi varovanja njihove zaupnosti in konkurenčnih prednosti posameznih ribolovnih flot (Hinz et al., 2013). Zastavljajo se vprašanja, ali je tako varovanje res v interesu skupnosti ribičev, ali pa predvsem ščiti pozicijo velikih ribolovnih podjetij, ki z dominantno vlogo in razpolaganjem z lastnimi zajetimi podatki lahko učinkovito upravljajo svoje flote, medtem ko so manjši ribiči

prepuščeni svoji iznajdljivosti, saj ne morejo dostopati do podatkov, na katerih bi ali sami ali s pomočjo znanstvenikov vrednotili in upravljali učinkovitost ribolova. Reprezentativen primer tovrstnih raziskav je (Martín et al, 2014), kjer za območje severnega Sredozemlja povežejo podatke o ulovu z lokacijami metierjev, v katerih je bil ulov zajet, kar omogoči izdelavo zemljevidov pretekle intenzitete in s tem učinkovitosti ribolova. Tovrstna orodja so razvita že do tehnološke dostopnosti na nivoju statističnih programskih paketov (Russo et al, 2014a). Raziskav, ki proučujejo prostorsko razporejenost ribolovnega napora brez osredotočanja na razvito programsko opremo je še več. Del problematike je tudi z dilemo o konkurenčnosti povezana nemotiviranost o poročanju natančnih ribolovnih podatkov. Ta spodbuja raziskave o ocenjevanju ribolovnega napora neposredno na podlagi podatkov, zajetih z VMS, pri čemer se osredotočajo ali na specifična ribolovna območja, ali na specifične vrste plovil (Mills et al., 2017, Vermard et al., 2010, Gerritsen in Lordan, 2011), s ciljem, da na podatkih o gibanju plovil izdelane ocene služijo za preverjanje, ali celo kot nadomestilo v ribolovnih knjigah evidentiranih podatkov posameznih plovil. Težava tovrstnih pristopov k nadomeščanju iskrenosti zabeleženih podatkov je njihova specifičnost za posamezne vrste ribolova, ki niso enotne niti znotraj enega posameznega ribolovnega izplutja, kar otežuje njihovo strojno prepoznavanje (Bez et al., 2011), obenem pa izpostavlja težavo, da so tovrstni problematiki interpretacije zabeleženih ribolovnih naporov podvrženi tudi sicer zajeti podatki ribolovnih knjig.

Dodatno kontroverznost o varovanju konkurenčnih podatkov posameznih ribičev odpirajo metode za ocenjevanje gibanja ribolovnih plovil na podlagi zajetih VMS podatkov, ki presegajo zgolj prostorsko razporejanje podatkov o ulovu glede na metierje, kjer je bil ulov zajet, ampak se posvetijo podrobni rekonstrukciji celotne ribolovne poti od izplutja do vplutja v pristanišče (Hintzen et al., 2010), obenem pa tudi eventualna dostopnost do lokacijsko precej bolj natančnih podatkov samodejnega sistema za identifikacijo (AIS, automated identification system), ki se uporablja za izogibanje trčenjem in je od leta 2014 regulatorno predpisan na vseh plovilih, daljših od 14 m (Natale et al., 2015).

Opisani kompleksni milje odločanja o učinkoviti rabi ribolovnega napora predstavlja zanimiv znanstvenoraziskovalen izziv z mnogih vidikov. Regulirana dostopnost do podatkov in sporadično objavlanje na njih osnovanih za ribiče relevantnih analiz predstavlja izziv s stališč raznih disciplin. S stališča ribolovnih disciplin je pomembno (a) koliko za ribolov relevantnih informacij lahko pridobimo iz teh podatkov in (b)

kakšna je njihova časovna dinamika ter (c) kako te analize vključiti v upravljanje ribolovnih flot. Podatkovne znanosti raziskujejo, (d) kako preverjati kakovost zajetih podatkov in pridobiti informacije, na podlagi katerih se bo mogoče odločati v ribolovnih procesih in procesih upravljanja flot. Tehnične znanosti poskušajo (e) avtomatizirati zajem podatkov o ribolovnem naporu z nadgradnjami sistemov VMS oz. z integracijami z drugimi sistemi, npr. AIS. Nas pa najbolj zanima mikroekonomski vidik (e) usklajevanja interesov vpletenih deležnikov, ki mu posvetimo naslednji odstavek.

Mikroekonomski model za upravljanje ribolovnih flot je model tragedije slehernikov (Hardin, 1998). Ekosistem bi brez človeškega vmešavanja dosegel dinamično stabilno ravnovesje deleža ribolovnih vrst. Ob ustreznem izlovu človek vzdržuje obseg populacij pod to dinamično ravnovesno točko. Prekomerno izkoriščanje pa populacije oslabi do te mere, da posamezne vrste ne morejo več težiti k dinamičnemu ravnovesju, ampak njihovo ekološko nišo zavzamejo drugi organizmi, kar lahko vodi do propada posameznih vrst. Tekma deležnikov ribolova za čim večji ulov torej naravno kliče po upravljanju in koordinaciji, ki prepreči prekomerno izkoriščanje, do katerega bi prišlo, če bi vsak deležnik strogo sledil svojemu interesu maksimiranja ulova. Tragedija slehernikov je že bila aplicirana na upravljanje ribolova (Feeny, 1996), kot znanstven koncept pa je temeljito raziskana, saj ima članek (Hardin, 1998) prek 40.000 citatov.

Manj poznan je koncept komedije slehernikov (Rose, 1986). Gre za koncept, ko sleherniki z upravljanjem virov dosežejo pozitivne sinergijske učinke. Primeri tovrstnih sodelovanj posameznikov so pogosti predvsem na področju informacijske tehnologije (npr. Wikipedia), ko posamezniki z medsebojnim deljenjem informacij dosežejo boljše učinke, kot bi jih lahko dosegel katerikoli od njih sam. Na prvi pogled se zdi, da je na področju ribolova nemogoče preseči koncepte tragedije slehernikov in vzpostaviti situacijo komedije slehernikov. A morda je ta nemoč zgolj navidezna, kar ilustriramo s kratkim primerom. Recimo, da so si ribolovna območja razdelile velike ribolovne družbe z visokotonažnimi plovili, poleg njih pa skuša preživeti nekaj posameznih ribičev, od katerih ima vsak po eno manjšo ladjo. Ti ribiči imajo podoben stil lova, ki se mora prilagajati informacijam o ribolovu velikih flot, kolikor so jim dostopni, in mora svoj ulov koordinirati, včasih tudi deliti, s čimer zmanjšajo tveganja izpada ulova posameznikov. Za to skupnost intuitivno velja, da s sodelovanjem lahko na morju, opustošenem od lova velikih družb, največ dosežejo

s sodelovanjem, torej so v situaciji komedije slehernikov. Ob nebrzdanem tekmovanju za ulov bi slednji postal vse redkejši. Sodelovanje bi bilo potrebno za vse večje ribiče. Ob pogojih redkih populacij, ko bi rib ne bilo dovolj za intenzivni ribolov, bi se morda vzpostavila situacija, ko bi bil ulov največji ob sodelovanju vpletenih.

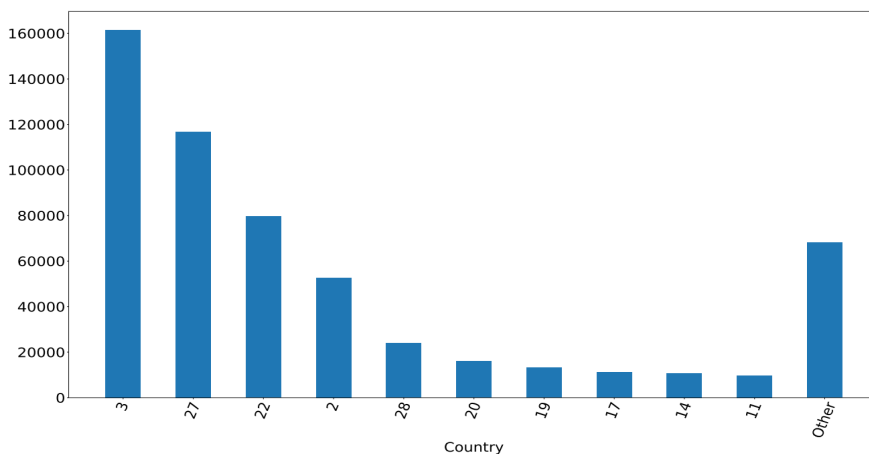
Problem razmejčitve med razmerami tragedije in komedije slehernikov je v osnovi matematično-ekonomski izziv s področja teorije iger. Njegova rešitev je povezana tudi z drugimi relevantnimi problemi družbe, kot so problemi klimatskih sprememb in drugih globalno povezanih ali redkih virov. Proučevanje ribolovnega navora in njegovih učinkov, za katerega je dostopen obsežen korpus podatkov o ulovu 1960-2016 se zato zdi smiseln izziv, ki bi lahko vodil do vpogleda v problematiko in njene rešitve. Zato v tem prispevku najprej predstavimo dostopen nabor podatkov o izlovu v metierjih Severnega Atlantika za obdobje 1960-2016. Navedeni so podatki o času lovljenja (mesec in leto), opremi, lokaciji, vrsti ulova in, za nas najzanimivejši, podatki o ribolovnem naporu. Pod to spadajo podatki o številu ur, ko se je lovila posamezna vrsta (hours fishing), število dni (days fishing) in število dni, ko se je lovilo na posameznem področju (days on ground), ter podatki o dejanski količini ulova, ki je razvrščen po posameznih vrstah. Nadaljujemo z analizo glavnih komponent podatkov ene ribolovne aktivnosti, med katerimi se lahko odločajo akterji izlova. V tej fazi nas zanima predvsem kompleksnost in longitudinalna stabilnost teh podatkov. Kompleksnost povezav med množico opazovanih dejavnikov pojasnimo z manjšo množico latentnih spremenljivk, ki so pomembni za doseganje izlovnih ciljev.

## 2 Podatki

Za naše analize smo uporabili dostopen nabor podatkov o ulovu v metierjih Severnega Atlantika za obdobje 1960-2016, ki smo jih pridobili iz spletne strani organizacije NAFO (Northwest Atlantic Fisheries Organization). Podatki so združeni po desetletjih in podani v obliki .csv datotek. Znotraj datotek se podatki delijo na podatke o državi, območni kodi, ribolovni opremi, tonaži plovil, glavnih vrstah rib ter ribolovnem naporu in kakovosti podatkov o ribolovnem naporu. Ti so podani z diskretnimi nominalnimi spremenljivkami, katerih kode so obrazložene v šifrantih. Podatki so zaradi optimizacije tabelarične strukture organizirani s prekrivanjem vsebine atributa vrsta/ribolovni napor (species effort), ki v treh šifrah

označuje podatke o kazalnikih ribolovnega navora, pod ostalimi podatke o podrobni vrsti ulova. Kot kazalniki ribolovnega navora tega atributa so opredeljeni podatki o številu ur, ko se je lovila posamezna vrsta (hours fishing, koda 1), število dni, v katerih se je dejansko lovilo, (days fishing, koda 2) in število dni, ko se je lovilo na posameznem področju (days on ground, koda 3). Podatki o dejanski količini ulova posameznih vrst so opredeljeni z vsemi preostalimi šiframi tega atributa, ki imajo vse vrednosti 100. Podatki o kakovosti podatkov o ribolovnem naporu vsebujejo kode 0, 1, 2 in 9. Za nas sta zanimivi le vrednosti 0 in 1 (pri čemer 0 pomeni, da kakovosti niso zabeležili, kar se je dogajalo v prvih letih beleženja podatkov, 1 pa pomeni, da je ribolovni napor beležen v celoti), saj vrednost 9 predstavlja kodo za 'ni podatka o ribolovnem naporu', kot je razvidno iz zapisov sestanka organizacije NAFO iz leta 1970 (NAFO, 1970), vrednost 2 pa se pojavlja le v ničelnih vrsticah.

Za države je znotraj podatkovnega nabora 37 kod. Med njimi večino ulova beležijo Kanadske province (Maritimes & Quebec s kodo 2 do leta 1979 in kodama 27 (Maritimes) ter 28 (Quebec) od 1979 naprej, Nova Fundlandija s kodo 3), Nemška demokratična republika (koda 11, v rabi do leta 1990), Japonska (koda 14), Portugalska (koda 17), Španija (koda 19), Sovjetska zveza (koda 20, v rabi do leta 1991) in Združene države Amerike (koda 22). Ostale države so zabeležile manj kot 5% maksimalne količine ulova (koda 3), zato so združene v stolpec 'Other'.



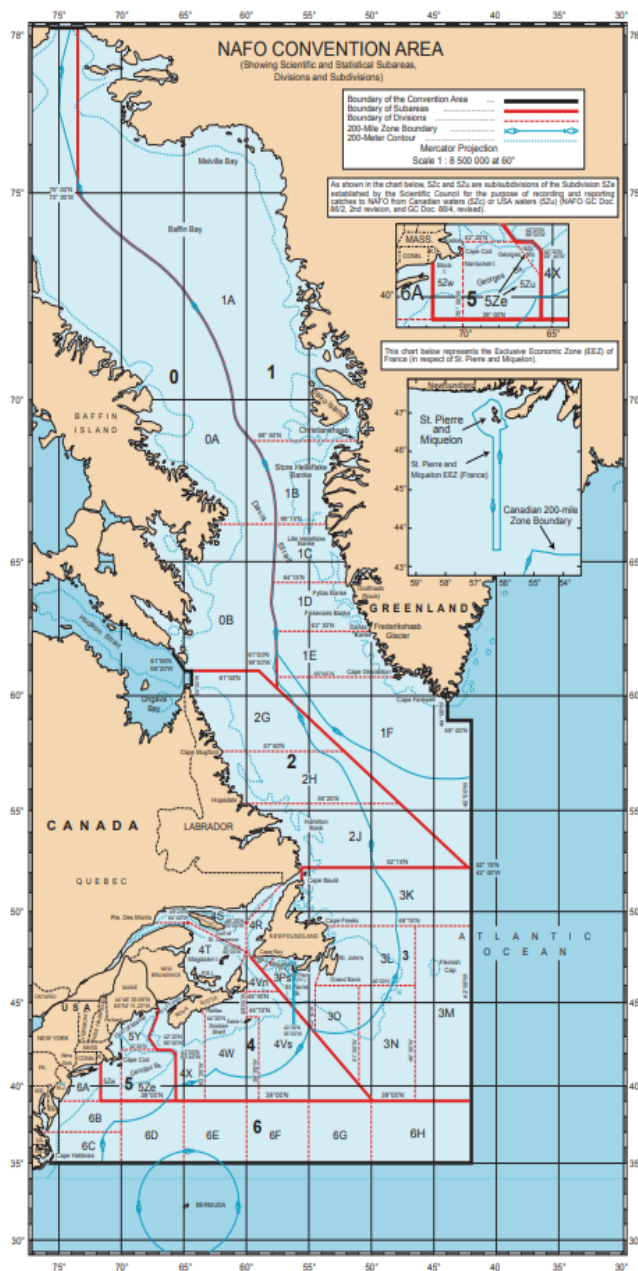
Slika 1: Stolpčni diagram držav po količini ulova

Vir: svoj

Območne kode se delijo na kode po posameznih državah, neznano oz. navedeno območje, ter območje izven NAFO območja prikazanega na sliki 2.

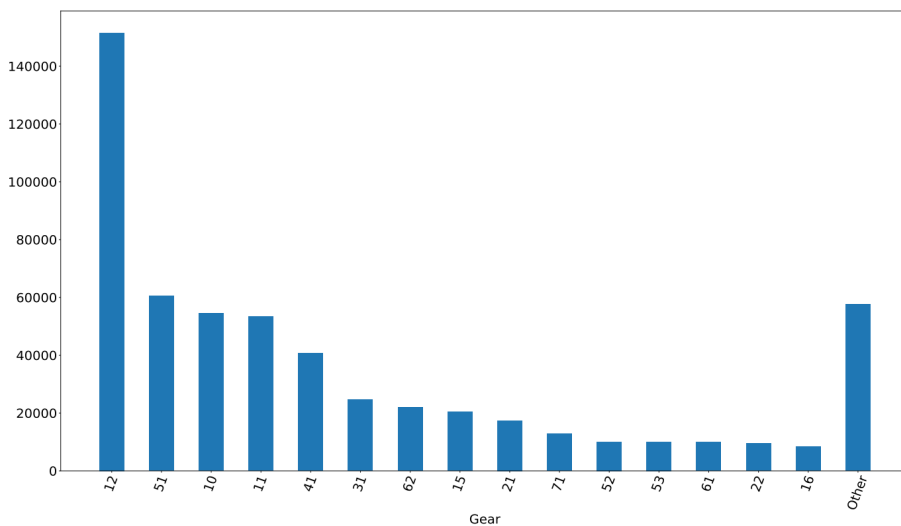
Med podatke o ribolovni opremi spadajo podatki o vrstah uporabljenih mrež (npr. zabodna mreža, srednja vlečna mreža, itd.) ter drugih pasti, ki so bile uporabljene pri lovu. Zaradi pomanjkanja slovenske terminologije smo izrazoslovje pustili v originalnem jeziku. Tako nam koda 12 predstavlja 'bottom otter trawl', koda 51 predstavlja 'set lines (bottom)', koda 10 predstavlja 'bottom otter trawl (side or stern not specified)', koda 11 pa 'bottom otter trawl (side)'. Koda 41 predstavlja 'set gillnets', 31 predstavlja 'purse seine', koda 62 predstavlja 'covered pots (lobster & crab etc.) and fyke nets', koda 15 predstavlja 'midwater trawl (stern)', koda 21 predstavlja 'Scottish seine', koda 71 predstavlja 'dredge (boat)', koda 52 'drift lines (drifting longlines)', koda 53 pa 'handlines (including pole & jig)'. Kode 61, 22 in 16 predstavljajo 'uncovered pound nets (cod & herring traps etc.)', 'Danish seine' in 'bottom pair trawl (2 boats)'. Preostale vrste opreme so med podatki rabljene manjkrat kot 5% najbolj rabljene opreme, zato so združene pod 'Other'.





Slika 2: NAFO Convention Area

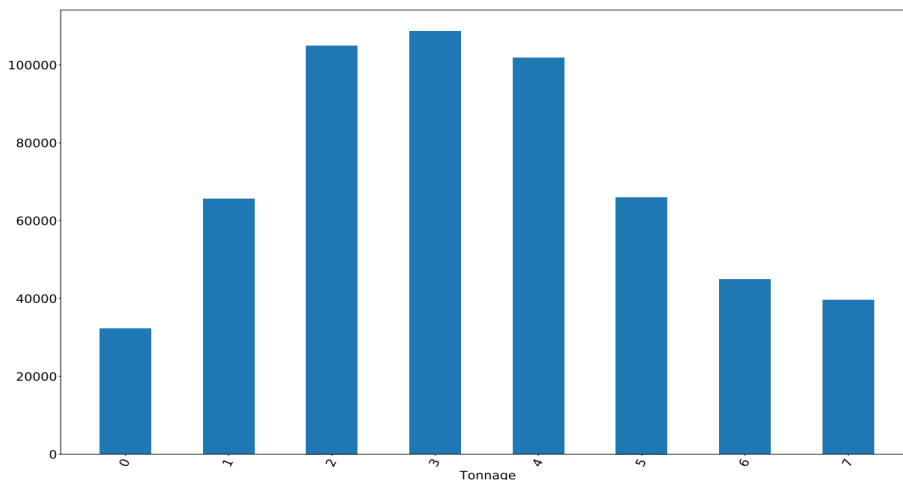
Vir: <https://www.nafo.int/About-us/Maps>



**Slika 3 Stolpični diagram ribolovne opreme**

Vir: svoj

Kode za tonažo plovil se razlikujejo med kodami, uporabljenimi v Kanadi (t.j. Kanadskih provincah Nova Fundlandija, the Maritimes in Quebec) in kodami, uporabljenimi drugje. V Kanadi koda 1 predstavlja 0-24.9, koda 2 pa 25-49.9, medtem ko ostale države koda 1 ne uporabljajo, koda 2 pa pokriva vrednosti med 0 in 49.9. Preostale kode (t.i. od 3 do 7) so enake pri vseh. Koda 3 predstavlja vrednosti med 50-149.9, koda 4 vrednosti med 150-499.9, koda 5 vrednosti med 500-999.9, koda 6 vrednosti med 1000-1999.9, koda 7 pa vrednosti, večje ali enake 2000. Koda 0 univerzalno predstavlja neznanu oziroma navedeno vrednost. Iz spodaj priloženega diagrama je razvidno, da je bilo največ ulova s tonažami od 0-49.9, 50-149.9 in 150-499.9 (s kodami 2, 3 in 4).



Slika 4 Stolpični diagram tonaže plovil

Vir: svoj

Objavljeni podatki vrednosti za ribolovni napor podajajo v skupnem stolpcu, vsebujejo pa tudi posamezne stolpce za mesece. Zaradi take predstavitve in zaradi prepletanja vsebine atributa 'vrsta napor' so surovi podatki neprimerni za analitično obdelavo. Zato jih transponiramo v delu, ki se nanaša na mesec podatka in kazalnik napora/vrsto ulova. Prejšnji atributi, ustrežajoči mesecem ulova, postanejo vrednost atributa "mesec" nove entitete, podatki o posameznih kazalnikih napora in vrsti ulova pa postanejo atributi nove entitete, katerih vrednosti so dejanske vrednosti kazalnikov ribolovnega napora in dejanske vrednosti ulova izbranih vrst v ustrežajočih mesecih. Po obdelavi s takim transponiranjem ima tako nova entiteta, ki jo analiziramo, mesece združene v en skupni stolpec, kode za kazalnike ribolovnega napora in posamezne vrste rib pa so novi stolpci.

Analiza kakovosti podatkov se izvede deloma pred in deloma po opisanem prestrukturiranju. Pred prestrukturiranjem se s preverjanjem kakovosti zagotovi izvedljivost testiranja, po prestrukturiranju pa se s preverjanjem kakovosti zagotovi zadostne pogoje za izvedljivost faktorske analize. Pri tem smo uporabili naslednje teste:

- nenegativnost podatkov na celotnem podatkovnem naboru,
- koda kakovosti podatka o naporu ima vrednost 0 ali 1,
- število ur (koda 1) v posameznem mesecu je manjše ali enako številu dni (koda 2), pomnoženem s 24,

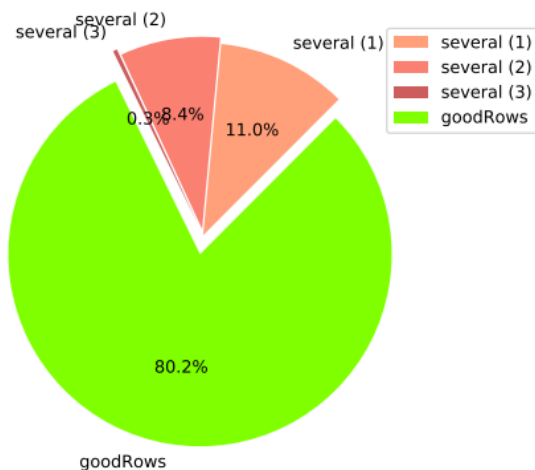
- število ur (koda 1) v posameznem mesecu je manjše ali enako številu dni, ko se je lovilo na posameznem področju (koda 3), pomnoženem s 24,
- število dni (koda 2) v posameznem mesecu je manjše ali enako številu dni, ko se je lovilo na posameznem področju (koda 3).

Prva dva testa sta bila pravilna na celotnem podatkovnem naboru, pri ostalih treh testih pa je pri delu podatkov prihajalo do napak, kot prikazujejo spodnji tortni diagrami.



Slika 5 Tortni diagrami preverjanja

Vir: svoj

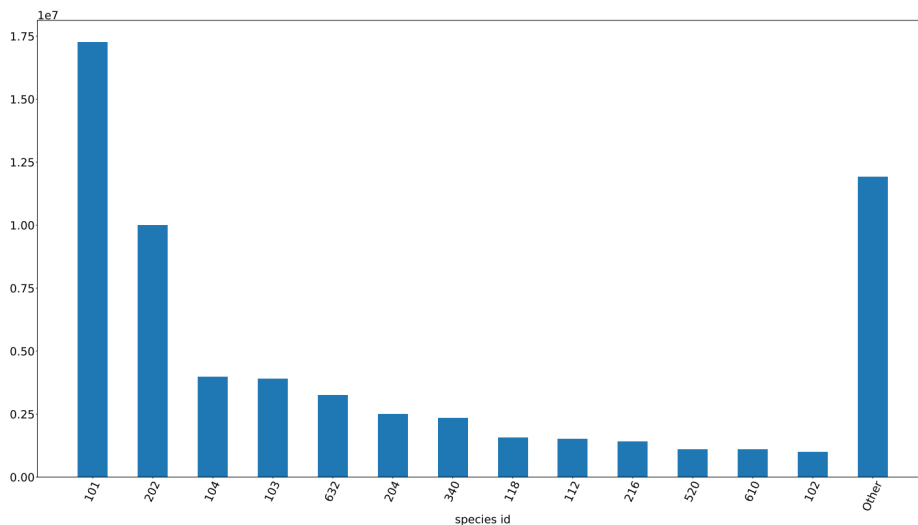


**Slika 6: Tortni diagram ovrednotenih vrstic**

Vir: svoj

Iz tortnih diagramov lahko razberemo, da je v podatkovnem naboru 82.2 % vrstic, ki so po vseh preverjanjih brez napak. Te vrstice smo ohranili in na njih izvajali nadaljnje analize. Razvidno je tudi, da je v 11 % vrstic napaka le v eni, v 8.4 % vrstic sta napaki dve, preostali 0.3 % vrstic pa vsebujejo vse tri napake.

Pri vrednotenju tortnih diagramov posameznih napak smo opazili, da izstopajo nepravilnosti pri preverjanjih povezanih z ribolovnim naporom s kodo 3, torej povezanih s številom dni, ko se je lovilo na posameznem področju. To lahko razlagamo s pomočjo zapisov s sestankov organizacije NAFO (Northwest Atlantic Fisheries Organization). Iz le-teh je namreč razvidno, da se ribolovni napor s kodo 3 ni navajal redno, mnoge države ga sploh niso navajale vsaj do leta 1970. Na prečiščenem naboru podatkov smo opravili nadaljnje analize. Ugotavljali smo porazdelitev lovljenja posameznih vrst, kot je predstavljeno na spodnjem grafu.



Slika 7: Stolpični diagram količine ulovljenih rib po posameznih vrstah.

Vir: svoj.

Iz tega je razvidno, da so v letih 1960-2016 največ lovili vrste s kodami 101 in 202. Koda 101 predstavlja trsko, koda 202 pa atlantski sled. Koda 104 predstavlja srebrnega osliča, koda 103 predstavlja vrsto 'acadian redfish', koda 632 predstavlja *pandalus borealis*, 204 je koda za skušo, koda 340 predstavlja vrsto kapelan, koda 118 halibut, koda 112 predstavlja ploščo, 216 je koda za vrsto menhaden, koda 520 predstavlja vrsto 'atlantic surf clam', koda 610 predstavlja snežnega morskoga pajka, koda 102 pa vahnjo.

### 3 Analiza glavnih komponent

Analiza glavnih komponent (angl. principal component, analysis, PCA) je multivariatna metoda, ki se uporablja za redukcijo razsežnosti podatkov. Njen osnovni namen je opisati podatke z množico nepovezanih spremenljivk – glavnih komponent, ki so linearne kombinacije osnovnih merjenih spremenljivk. Glavne komponente so urejene od najbolj do najmanj pomembne, kjer pomembnost pomeni, da prva glavna komponenta pojasni največji delež variance osnovnih spremenljivk. Cilj te analize je določiti in izbrati nekaj začetnih glavnih komponent, ki skupaj pojasnijo čim več (vsaj 60 %) razpršenosti osnovnih podatkov (Jolliffe, 2002). Za ugotavljanje smiselnosti metode glavnih komponent obstajajo različni testi. Dva najpogosteje uporabljena sta Bartlettov test in Kaiser-Meyer-Olkinova

mera (KMO). V naši raziskavi smo metodo glavnih komponent uporabili kot pregledovalno analizo, zato nam teh testov ni bilo potrebno izvesti (Simčič, 2014).

V sklopu raziskave smo za izbrani in spodaj predstavljeni vzorec ribolovnih podatkov izvedli analizo glavnih komponent za več različnih časovnih obdobji z namenom, da bi ugotovili, ali lahko najdemo takšna, pri katerih se struktura glavnih komponent ohranja. Analizo smo izvedli s programom IBM SPSS Statistics 27. Iz prečiščenega nabora podatkov smo naključno izbrali eno od možnih vrednosti za tonažo plovil, ribolovno opremo, glavno vrsto rib ter območno kodo in jo fiksirali. Izbrani so bili podatki plovil s tonažo 50-149.9 (koda 3), z ribolovno opremo 'Bottom otter trawl' (koda 12), katerih cilj je bil loviti ribe vrste atlantska trska (koda 1) na območju z območno kodo 43 (območje 4T na sliki 2). Za te parametre smo imeli na voljo podatke od leta 1969 do vključno leta 2009. Za posamezni mesec tega obdobja podatki vsebujejo informacijo o vrednosti ribolovnega navora v urah ter količini ulova posamezne vrste rib v kilogramih za vsaj eno in za največ tri od štirih v izbranih podatkih zastopanih atlantskih kanadskih provinc Maritimes & Quebec (koda 2), Nova Fundlandija (koda 3), Maritimes (koda 27) in Quebec (koda 28). Posamezno enoto našega vzorca, poleg že na začetku fiksiranih parametrov, torej določajo še mesec, leto in provinca. Vzorec vsebuje 900 enot. Za vsako enoto imamo podatke o ribolovnem naporu (3 spremenljivke) ter količini ulova za 46 različnih vrst rib (ti podatki pa so redki in imajo veliko ničelnih vrednosti).

Po izračunu in analizi skupne količine ulova za posamezno vrsto ribe v celotnem 41-letnem obdobju smo ugotovili, da kar 28 začetnih vrst (glede na količino ulova) skupaj predstavlja manj kot 1 % celotnega ulova. Zato smo vse te vrste združili in definirali spremenljivko »ostale vrste«. V nadaljnjo analizo smo tako vključili 22 spremenljivk, 19 spremenljivk za vrste rib in 3 spremenljivke ribolovnega navora. Da bi zadostili pogojem za izvedbo analize glavnih komponent, smo spremenljivke dodatno transformirali z uporabo logaritemske funkcije  $\ln(x+1)$ , centrirali in normalizirali, s čimer smo zmanjšali vpliv zelo različnih varianc ter različnega velikostnega reda vrednosti začetnih spremenljivk (Brosse, Giraudel in Lek, 2001). Analiza je bila nato izvedena z uporabo Kaiser-jevega pravila (Kaiser, 1960). V skladu s tem pravilom je bila glavna komponenta izbrana, če je bila njena pripadajoča lastna vrednost korelacijske matrike večja od ena.

Pri analizi glavnih komponent za celotno 41-letno obdobje je bilo izbranih 11 glavnih komponent, ki skupaj pojasnijo 62,1 % skupne variance osnovnih spremenljivk. Z namenom enakomernejše porazdelitve pojasnjene variance po komponentah smo izvedli še pravokotno (Varimax) rotacijo komponent in ugotovili, da se odstotki pojasnjene variance za izbrane glavne komponente gibljejo od največ 6,7 % do najmanj 4,6 %. Te nizke vrednosti potrjujejo kompleksnost ekoloških trendov, ki jih podatki obravnavajo (Gauch, 1982). Natančne vrednosti so predstavljene v tabeli 1.

**Tabela 1: Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance glavnih komponent**

	Začetne lastne vrednosti			Vsota kvadratov uteži po pravokotni rotaciji		
	Lastna vrednost	Varianca v %	Kumulativa v %	Vrednost	Varianca v %	Kumulativa v %
1	1,702	7,738	7,738	1,484	6,746	6,746
2	1,568	7,125	14,863	1,434	6,516	13,262
3	1,478	6,719	21,582	1,426	6,482	19,744
4	1,316	5,981	27,563	1,298	5,901	25,645
5	1,193	5,424	32,987	1,269	5,768	31,413
6	1,146	5,208	38,195	1,215	5,524	36,937
7	1,127	5,124	43,319	1,205	5,475	42,413
8	1,067	4,848	48,167	1,121	5,096	47,508
9	1,052	4,781	52,949	1,119	5,085	52,593
10	1,009	4,585	57,533	1,085	4,930	57,524
11	1,001	4,550	62,084	1,003	4,560	62,084
12	0,989	4,496	66,579			



13	0,941	4,279	70,859			
14	0,915	4,159	75,018			
15	0,903	4,102	79,120			
16	0,857	3,895	83,015			
17	0,797	3,623	86,638			
18	0,672	3,054	89,692			
19	0,638	2,899	92,591			
20	0,616	2,802	95,393			
21	0,558	2,536	97,929			
22	0,456	2,071	100,000			

V tabeli 2 so prikazane uteži spremenljivk na glavnih komponentah. To so korelacijski koeficienti med merjenimi spremenljivkami in izbranimi glavnimi komponentami. Po absolutni vrednosti najvišji koeficient posamezne spremenljivke je poudarjen in osenčen s sivo barvo. Za poimenovanje različnih vrst rib smo uporabili njihova latinska imena.

Ker smo želeli ugotoviti, ali lahko najdemo taka obdobja zaporednih let, pri katerih se struktura glavnih komponent ohranja, smo analizo najprej ponovili za eno leto krajše obdobje, torej za obdobje med letoma 1969 in 2008. Tako za to obdobje kot tudi za naslednjih 8 obdobj, ki smo jih postopoma krajšali za eno leto, smo ugotovili, da se struktura glavnih komponent ne spremeni. Prvič se je spremenila, ko smo v analizo vključili le podatke med letoma 1969 in 1998. Ker je bilo najkrajše obdobje z enako strukturo glavnih komponent kot za celotno 41-letno obdobje, dolgo 31 let, smo na koncu preverili še strukturo glavnih komponent za vsa 31-letna obdobja v našem vzorcu. Potrdili smo, da je bilo zmeraj izbranih enakih 11 glavnih komponent, ki skupaj pojasnijo 62,1 % skupne variance osnovnih spremenljivk, kot za celotno 41-letno obdobje.

**Tabela 2: Uteži - korelacijski koeficienti med merjenimi spremenljivkami in izbranimi glavnimi komponentami**

	Glavne komponente										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
105 urophycis chuss	0,789	0,117	-0,024	-0,132	-0,024	0,029	0,066	-0,005	-0,096	-0,026	-0,016
504 illex illecebrosus	0,748	-0,091	0,000	0,202	0,003	-0,103	-0,112	-0,042	0,045	-0,024	0,022
102 melanogrammus aeglefinus	0,131	0,762	0,186	-0,128	0,074	-0,008	0,033	-0,096	-0,039	0,032	-0,006
ribolovni napor 3	-0,096	0,740	-0,094	0,291	-0,008	0,019	-0,021	0,153	-0,050	-0,051	-0,002
103 sebastes sp.	-0,042	-0,102	0,760	-0,005	0,040	-0,048	0,087	-0,173	-0,030	-0,047	0,014
106 pollachius virens	0,002	0,266	0,693	-0,048	0,060	-0,078	-0,050	0,037	0,087	-0,075	0,001
112 hippoglossoides platessoides	-0,001	-0,067	0,506	-0,005	-0,089	0,392	-0,065	0,213	-0,053	0,365	0,009
ribolovni napor 2	0,120	0,175	-0,087	0,701	0,080	0,082	0,038	0,013	0,195	0,155	0,059

169 macrourus berglax	- 0,03 4	- 0,08 9	0,03 2	0,59 6	- 0,11 5	- 0,03 6	- 0,09 5	- 0,08 6	- 0,29 3	- 0,08 9	- 0,03 0
104 merluccius bilinearis	0,02 1	- 0,12 8	0,06 9	0,08 6	0,78 7	- 0,06 5	- 0,05 1	0,16 4	0,09 0	- 0,03 0	0,00 6
114 glyptocephal us cynoglossus	- 0,03 6	0,25 7	0,00 2	- 0,12 6	0,70 3	0,06 4	0,01 1	- 0,17 0	- 0,06 8	0,05 6	0,00 4
122 pseudopleur o-nectes americanus	- 0,01 8	0,03 1	- 0,05 7	0,01 2	- 0,01 2	0,81 9	- 0,01 0	- 0,06 5	0,08 7	- 0,04 2	0,01 4
186 urophycis tenuis	- 0,08 4	- 0,00 8	0,04 1	- 0,03 3	- 0,05 2	- 0,09 0	0,84 6	- 0,02 2	0,01 8	- 0,07 7	0,00 5
101 gadus morhua	0,47 3	0,04 7	- 0,07 4	0,00 6	0,02 8	0,31 5	0,54 9	0,04 7	0,12 7	0,14 0	- 0,00 5
632 pandalus borealis	0,03 4	- 0,06 7	- 0,05 8	- 0,28 2	- 0,03 9	- 0,01 6	- 0,13 6	0,70 0	- 0,13 0	- 0,00 3	0,02 1
ribolovni napor 1	- 0,11 4	0,15 8	- 0,04 8	0,36 0	0,08 1	- 0,06 7	0,20 9	0,62 4	0,07 1	- 0,04 2	- 0,00 2
ostale vrste	- 0,05 6	- 0,15 1	0,03 9	0,04 7	0,11 6	0,17 0	0,07 4	- 0,08 5	0,63 3	0,02 1	- 0,01 1

118 reinhardtius hippoglossoides	- 0,05 6	- 0,14 2	- 0,00 2	0,16 0	0,28 3	0,37 6	0,01 6	- 0,03 1	- 0,53 5	- 0,12 4	- 0,03 6
116 limanda ferruginea	- 0,03 6	0,00 5	- 0,10 6	- 0,00 8	- 0,02 8	0,05 9	- 0,13 6	- 0,07 9	0,22 2	0,72 7	- 0,02 1
202 clupea harengus	- 0,02 2	0,02 1	- 0,08 2	- 0,10 4	- 0,10 1	0,25 6	- 0,23 4	- 0,05 3	0,31 7	- 0,54 9	0,01 2
499 fin	- 0,03 8	0,00 4	- 0,08 4	- 0,07 6	- 0,01 7	- 0,02 6	0,00 4	- 0,12 9	- 0,17 2	0,10 0	0,83 2
340 mallotus villosus	- 0,04 3	0,01 2	- 0,10 8	- 0,10 5	- 0,02 5	- 0,03 9	0,00 0	- 0,16 3	- 0,20 8	0,13 7	- 0,55 1

#### 4 Zaključki

V prispevku predstavimo podatkovni nabor NAFO o ribolovnem naporu in ulovu v Severnem Atlantiku v obdobju 1960 - 2016. Originalni podatkovni nabor je bilo potrebno očistiti nekakovostnih podatkov in prestrukturirati. Tako smo odstranili pomanjkljive podatke, predvsem pa razrešili s strukturo podatkov nekonsistentno vsebinsko rabo atributov v originalnih podatkih in pripravili podlage za nadaljnje analize.

V nadaljevanju smo analizirali glavne komponente izbranega podnabora podatkov. Zaradi konsistentnega nabora podatkov smo se omejili na 41-letno obdobje med leti 1969 in 2009. Ugotovili smo, da v tem obdobju ni izrazitih glavnih komponent, saj nobena ne pojasni več kot 8% variance v podatkih. Glavne komponente so stabilne za vsako pod obdobje, ki obsega več kot 31 zaporednih let tega pod obdobja, v krajših pod obdobjih pa pride do sprememb glavnih komponent.

Obravnavani podatkovni nabor je zanimiv za nadaljnje raziskave, saj predstavlja (po času beleženja) enega največjih javno dostopnih podatkovnih naborov o človeških aktivnostih in njihovih učinkih. Tako predstavlja priložnost za modeliranje optimizacije učinkovitosti porabe časa. Njegovo neposredno uporabnost za ta namen predstavlja časovna omejenost podatkov, ki ob zamudi objave postajajo vedno manj aktualni. Objava neposredno dostopnih podatkov namreč lahko predstavlja neupravičen poseg v konkurenčna razmerja med izvajalci ribolova. Po drugi strani pa potreba po reguliranju skupnega vira predstavlja motivacijo za akademske raziskave konkurenčnega odnosa, ki niha med tragedijo in komedijo slehernikov. Do tragedije slehernikov pride, če izvajalci ribolova z intenzivnim izkoriščanjem ribjega bogastva ekosistem prekomerno osiromašijo. Do komedije slehernikov pa pride, če izvajalci ribolova uskladijo svoje potrebe, pričakovanja lastnikov podjetij, in zmožnosti ekosistema. Končni cilj naših raziskav je preveriti, ali je s pomočjo dostopnih podatkov ter matematične, ekonomske in biološke teorije mogoče razviti model, ki bi v izkoriščanje morskih ekosistemov vnesel čim več elementov komedije slehernikov. Pri tem je pričujoča raziskava zgolj prvi korak spoznavanja podatkovnega nabora, preteklih raziskav in konceptualnega konteksta, v katerem smo preverjali kakovost podatkov in njihovo longitudinalno stabilnost. V naslednjem koraku bomo avtomatizirali tu razviti proces ter ga razširili na celoten podatkovni nabor, kar bo omogočilo vrednotenje stabilnosti in posledične predvidljivosti učinkovitosti ribolovnega napora.

## Literatura

- Bez, N., Walker, E., Gaertner, D., Rivoirard, J., & Gaspar, P. (2011). Fishing activity of tuna purse seiners estimated from vessel monitoring system (VMS) data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68(11), 1998-2010.
- Brosse, S., Giraudel, J. L., Lek, S. (2001). Utilisation of non-supervised neural networks and principal component analysis to study fish assemblages. *Ecol. Model.* 146, 159–166.
- Campbell, M. S., Stehfest, K. M., Votier, S. C., & Hall-Spencer, J. M. (2014). Mapping fisheries for marine spatial planning: Gear-specific vessel monitoring system (VMS), marine conservation and offshore renewable energy. *Marine Policy*, 45, 293-300.
- European Commission. "Vessel monitoring system (VMS)". [Dostopano 23. januar 2021]. Pridobljeno: [https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/control/technologies/vms\\_en](https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/control/technologies/vms_en).
- Feeny, D., Hanna, S., & McEvoy, A. F. (1996). Questioning the assumptions of the "tragedy of the commons" model of fisheries. *Land economics*, 187-205.

- Gauch, H. G. (1982). *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gerritsen, H., & Lordan, C. (2011). Integrating vessel monitoring systems (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution. *ICES Journal of Marine Science*, 68(1), 245-252.
- Hardin, G. (1998). Extensions of "The tragedy of the commons". *Science*, 280(5364), 682-683.
- Hintzen, N. T., Piet, G. J., & Brunel, T. (2010). Improved estimation of trawling tracks using cubic Hermite spline interpolation of position registration data. *Fisheries Research*, 101(1-2), 108-115.
- Hinz, H., Murray, L. G., Lambert, G. I., Hiddink, J. G., & Kaiser, M. J. (2013). Confidentiality over fishing effort data threatens science and management progress. *Fish and Fisheries*, 14(1), 110-117.
- Jolliffe, I. (2002). *Principal Component Analysis*. New York: Springer-Verlag.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*.
- Martín, P., Muntadas, A., de Juan, S., Sánchez, P., & Demestre, M. (2014). Performance of a northwestern Mediterranean bottom trawl fleet: How the integration of landings and VMS data can contribute to the implementation of ecosystem-based fisheries management. *Marine Policy*, 43, 112-121.
- Mills, C. M., Townsend, S. E., Jennings, S., Eastwood, P. D., & Houghton, C. A. (2007). Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data. *ICES Journal of Marine Science*, 64(2), 248-255.
- NAFO (1970). Notes on Fishing Effort Measures and Data [Dostopano 19.01.2021] Pridobljeno: <https://www.nafo.int/icnaf/library/docs/1970/res-29.pdf>
- Natale, F., Carvalho, N., Harrop, M., Guillen, J., & Frangoudes, K. (2013). Identifying fisheries dependent communities in EU coastal areas. *Marine policy*, 42, 245-252.
- Natale, F., Gibin, M., Alessandrini, A., Vespe, M., & Paulrud, A. (2015). Mapping fishing effort through AIS data. *PloS one*, 10(6), e0130746.
- Rose, C. (1986). The comedy of the commons: custom, commerce, and inherently public property. *The University of Chicago Law Review*, 53(3), 711-781.
- Russo, T., D'Andrea, L., Parisi, A., & Cataudella, S. (2014). VMSbase: an R-package for VMS and logbook data management and analysis in fisheries ecology. *PLoS One*, 9(6), e100195.
- Russo, T., Parisi, A., Garofalo, G., Gristina, M., Cataudella, S., & Fiorentino, F. (2014). SMART: a spatially explicit bio-economic model for assessing and managing demersal fisheries, with an application to italian trawlers in the strait of sicily. *PloS one*, 9(1), e86222.

- Simčič, B. (2014). Metoda glavnih komponent in manjkajoči podatki: magistrsko delo [na spletu]. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede. [Dostopano 23. januar 2021]. Pridobljeno: [http://dk.fdv.uni-lj.si/magistrska/pdfs/mag\\_simcic-blaz.pdf](http://dk.fdv.uni-lj.si/magistrska/pdfs/mag_simcic-blaz.pdf)
- Vermard, Y., Rivot, E., Mahévas, S., Marchal, P., & Gascuel, D. (2010). Identifying fishing trip behaviour and estimating fishing effort from VMS data using Bayesian Hidden Markov Models. *Ecological Modelling*, 221(15), 1757-1769.

