

# Sustav za proizvodnju leda na ribarskim brodovima

---

**Brajko, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:022596>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-22**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Tomislav Brajko**

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Nikola Vladimir

Student:

Tomislav Brajko

Zagreb, 2022.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Nikoli Vladimiru na pomoći, vodstvu i strpljivosti.

Zahvaljujem i svojoj obitelji koja mi je davala podršku i snagu kroz čitav studij.

Tomislav Brajko



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 22 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Tomislav Brajko**

JMBAG: 0035206995

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Sustav za proizvodnju leda na ribarskim brodovima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **A system for ice production on board fishing vessels**

Opis zadatka:

Ribarstvo i akvakultura su djelatnosti čiji proizvodi su izrazito podložni kvarenju uslijed visokih temperatura, a u stručnoj literaturi dostupni su matematički modeli koji povezuju kvalitetu ribe i vrijeme skladištenja, uz temperaturu skladištenja kao parametar. S obzirom da je za očuvanje kvalitete ulovljene ribe tretman ledom u inicijalnoj fazi ulova od iznimne važnosti, ribarski brodovi su redovito opremljeni sustavima za proizvodnju leda, koji ovisno o količini ulova mogu imati visoke energetske potrebe. U diplomskom radu potrebno je analizirati potrošnju leda na tipičnim brodovima hrvatske ribarske flote, te izraditi idejni projekt sustava za proizvodnju leda na ribarskom brodu plivaričaru, namijenjenom za ulov sitne plave ribe. Zadatak treba sadržavati:

- analizu potreba za ledom na ribarskim brodovima, ovisno o tipu broda i vrsti ulova,
- analizu povezanosti kvalitete ribe i parametara ambijenta u kojem se ona skladišti,
- analizu tehničkih rješenja za proizvodnju leda, podrazumijevajući parametre i vrstu leda, kapacitete, energetske potrebe i sl.,
- idejni projekt sustava za proizvodnju leda na ribarskom brodu,
- ekonomsku ocjenu projekta.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

29. rujna 2022.

1. prosinca 2022.

12. – 16. prosinca 2022.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Nikola Vladimirović

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
POPIS KRATICA .....	VII
SAŽETAK .....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD .....	1
2. KORIŠTENJE LEDA U AKVAKULTURI I RIBARSTVU.....	2
2.1. Kvaliteta ribe .....	3
2.2. Omjeri ribe i leda.....	5
2.3. Tipovi ribarskih brodova.....	7
2.3.1. Brod za ribolov mrežama stajaćicama .....	7
2.3.2. Brod za ribolov povlačnim mrežama.....	9
2.3.3. Brod za ribolov mrežama potegačama.....	10
2.3.4. Brod za ribolov mrežama plivaricama.....	11
2.3.5. Brod za ribolov udicom, panulama i parangalima.....	13
2.3.6. Brod za lov harpunima.....	13
2.3.7. Brod za preradu ribe.....	14
3. PROIZVODNJA LEDA ZA AKVAKULTURU I RIBARSTVO – TEHNIČKA RJEŠENJA .....	15
3.1. Tekući led.....	15
3.2. Ljuskasti led .....	22
3.3. Usporedba tekućeg i ljuskastog leda.....	24
4. IDEJNI PROJEKT SUSTAVA ZA PROIZVODNJU LEDA NA BRODU.....	27
5. EKONOMSKA OCJENA PROJEKTA.....	32
5.1. Izvedbe i usporedba različitih sustava .....	32

---

5.2. Troškovi i isplativost ugradnje sustava.....	38
6. ZAKLJUČAK.....	40
LITERATURA.....	41
PRILOZI.....	44

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Dijagram kvarenja ribe po fazama [1].....	2
Slika 2.	Svježina ribe [5].....	3
Slika 3.	Kutija za ribu s odvodom [9].....	6
Slika 4.	Brod za ribolov mrežama stajaćicama [10].....	7
Slika 5.	Mreža za zapas [11] .....	8
Slika 6.	Brod za ribolov povlačnim mrežama [11].....	9
Slika 7.	Povlačna mreža [11].....	10
Slika 8.	Mreža potezača [13].....	11
Slika 9.	Brod za ribolov mrežama plivaricama [14].....	12
Slika 10.	Mreža plivarica [13].....	12
Slika 11.	Ribolov udicom [16] .....	13
Slika 12.	Brod za lov harpunom [17].....	14
Slika 13.	Brod za lov harpunom [18].....	14
Slika 14.	Proizvodi hlađeni ledom za vrijeme prodaje [19].....	15
Slika 15.	Sipanje tekućeg leda u posudu s ribom [20].....	16
Slika 16.	Prikaz razlike hlađenja ljuskastim i tekućim ledom [21] .....	17
Slika 17.	Konzistentnost tekućeg leda pri temperaturi -1,6 °C [21].....	18
Slika 18.	Prikaz promjene temperature ribe uslijed šokiranja [21] .....	19
Slika 19.	Vrijednost ulova ribe [21] .....	19
Slika 20.	Vrijednost ulova ribe [21] .....	20
Slika 21.	Prikaz procesa u $T$ , $s$ dijagramu [23].....	21
Slika 22.	Prikaz postrojenja za proizvodnju leda na brodu [20] .....	21
Slika 23.	Riba obložena ljuskastim ledom [24].....	22
Slika 24.	Primjena ljuskastog leda [25] .....	22
Slika 25.	Uređaj za proizvodnju ljuskastog leda [27].....	23
Slika 26.	Primjena ljuskastog leda [25] .....	24
Slika 27.	Potrebna snaga uređaja za proizvodnju različitih vrsta i količina leda .....	26
Slika 28.	Shema proračuna uređaja za proizvodnju leda .....	27
Slika 29.	Uređaj za proizvodnju tekućeg leda TIP "S4" [21].....	32
Slika 30.	Shema sustava [21] .....	34
Slika 31.	Posuda za miješanje tekućeg leda [21].....	34
Slika 32.	Direktno punjenje tekućim ledom u posude s ribom [21].....	35



---

Slika 33.	Ribarski brod Knežak [21] .....	35
Slika 34.	Kavezna izvedba u radionici [21] .....	36
Slika 35.	Kavezna izvedba montirana u strojarnicu broda [21] .....	36
Slika 36.	Sustav složen iz dijelova na brodu [21].....	37
Slika 37.	Prikaz razlike troškova .....	39

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. EU protokol koji se primjenjuje pri procjeni bijele ribe .....	4
Tablica 2. Teorijski izračun količine leda potrebne za hlađenje 10 kg ribe do temperature 0 °C [7].....	5
Tablica 3. Toplinsko opterećenje sustava u ovisnosti o masi morske vode .....	31
Tablica 4. Karakteristike uređaja različite snage [21] .....	33
Tablica 5. Odabir uređaja prema veličini ribarice [21] .....	33
Tablica 6. Rashladni medij za 8000 kg ribe [21] .....	37
Tablica 7. Količina tekućeg leda u tonama na dan za različite gustoće leda [21].....	38

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>Opis oznake</b>
$h_g$	kJ/kg	entalpija glikol etilena
$P_{komp}$	W	snaga kompresije
$T_a$	K	temperatura zraka
$T_g$	K	temperatura glikol etilena
$T_{sl}$	K	temperatura tekućeg leda
$U_o$	W/m <sup>2</sup> K	ukupni koeficijent prijenosa topline
$c_{p,a}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet zraka
$c_{p,g}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet glikol etilena
$c_{p,sw}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet slane vode
$d_o$	m	vanjski promjer cijevi
$p_{isp}$	Pa	tlak isparavanja
$p_{kond}$	Pa	tlak kondenzacije
$q_{m,k}$	kg/s	maseni protok u kompresoru
$\phi_{isp}$	W	toplinski tok isparavanja
$\phi_{kond}$	W	toplinski tok kondenzacije radnog medija
$L$	m	dužina cijevi isparivača
$LMTD$	K	prosječna temperaturna razlika tekućine
$m$	kg	masa
$t$	s	vrijeme
$V$	m <sup>3</sup>	volumen

---

**POPIS KRATICA**

<b>Kratika</b>	<b>Opis</b>
ATP	<i>Adezin trifosfat</i>
COP	<i>Coefficient of performance</i> – koeficijent učinkovitosti
EU	<i>European Union</i> – Europska unija organizacija za standardizaciju
pH	<i>Potential of hydrogen</i> – mjera kiselosti
SAD	<i>Sjedinjene Američke Države</i>

**SAŽETAK**

U ovom radu obrađene su teme korištenja leda u akvakulturi i ribarstvu, njegova proizvodnja i tehnička rješenja. Obraden je i idejni projekt sustava za proizvodnju leda na brodu te je prikazan stvarni sustav sa cijenama te njegove mogućnosti. Opisana je važnost korištenja leda za riblje prehrambene proizvode, koliko ga je potrebno i kako se koristi. Prikazana je podjela brodova za ribarsku djelatnost kao i način ocjene kvalitete ulova. Opisana je i podjela vrsta leda, njegove prednosti i mane te načini proizvodnje leda na brodu kao i ekonomski aspekti uvođenja takvih sustava na temelju podataka iz stvarnosti. Naposljetku, temeljem podataka iz literature i industrije zaključeno je kako je tekući led trenutno najbolje rashladno sredstvo za ulov te je ugradnja takvog sustava na ribarice ekonomski isplativa i omogućuje ribarima da rade unutar zahtjeva sve strožih europskih regulativa kako za kvalitetu i očuvanje hrane tako i za korištenje energije.

Ključne riječi: proizvodnja leda, riba, tekući led, ribarski brodovi.

---

**SUMMARY**

This paper deals with the use of ice in aquaculture and fisheries, its production and technical solutions. The conceptual project of the system for the production of ice on board was also processed, and the actual system with prices and its possibilities was presented. With this paper, an insight is given into the importance of using ice for fish food products, how much is needed and how it is used. The classification of fishing boats is shown, as well as the method of assessing the quality of the catch. The classification of types of ice, its advantages and disadvantages, as well as ways of producing ice on board, as well as the economic connotations of introducing such systems based on data from reality, are also described. Finally, based on data from scientific works and data from the industry, it was concluded that liquid ice is currently the best cooling agent for fishing, and the installation of such a system on fishing boats is economically profitable and enables fishermen to work within the requirements of increasingly strict European regulations, both for the quality and preservation of food and for energy use.

Key words: ice production, fish, liquid ice, fishing vessels.

## 1. UVOD

Riba kao namirnica ima svoje bitno mjesto u hrvatskoj kulturi i prehrani. Mediteranski način života, klima i prehrana prepoznatljivi su na svjetskoj razini te ih je kao takve potrebno očuvati i unaprijediti. Riba iz Jadranskog mora već zbog same mogućnosti brzog transporta iz mora do tanjura kvalitetnija je od ostalih budući da im kvaliteta opada s vremenom [1]. Kako bi riba bila odgovarajuće kvalitete i kako bi smo joj produžili rok trajanja ulov se hladi ledom odnosno, kolokvijalno riba se šokira ribe. Nekada je jedina mogućnost šokiranja ribe bila da se ponesu određene količine leda s kopna te se tada koristi kao gotov proizvod. Međutim, razvojem tehnologije danas se proizvodnja leda za hlađenje ribe može odvijati na brodu te se time izbjegava potencijalna nestašica čime bi došlo do kvarenja ulova i dodatnog novčanog gubitka ili bacanje prekomjernih količina leda. Također, iako su početni izdaci za takav sustav visoki sve više ribarskih brodova se ugrađuje takav sustav koji se kroz određeni vremenski period otplati kroz uštedu na kupovini gotovog leda te omogućuje postizanje više cijene pri prodaji ulova zbog veće zadržane kvalitete.

Prilikom odabira rješenja za hlađenje ulova nužno je razmotriti nekoliko parametara. Potrebno je definirati: kakvom vrstom i veličinom broda će se riba loviti, količinu ribe koja se lovi i posljedično ovisnost o količini leda. Naposljetku, potrebno je razmotriti kojom vrstom leda će se ulov šokirati te razmotriti koje prednosti ima pojedini rashladni medij, ali i kakvu ekonomsku konotaciju sa sobom donosi odabir novog sustava poput proizvodnje tekućeg leda.

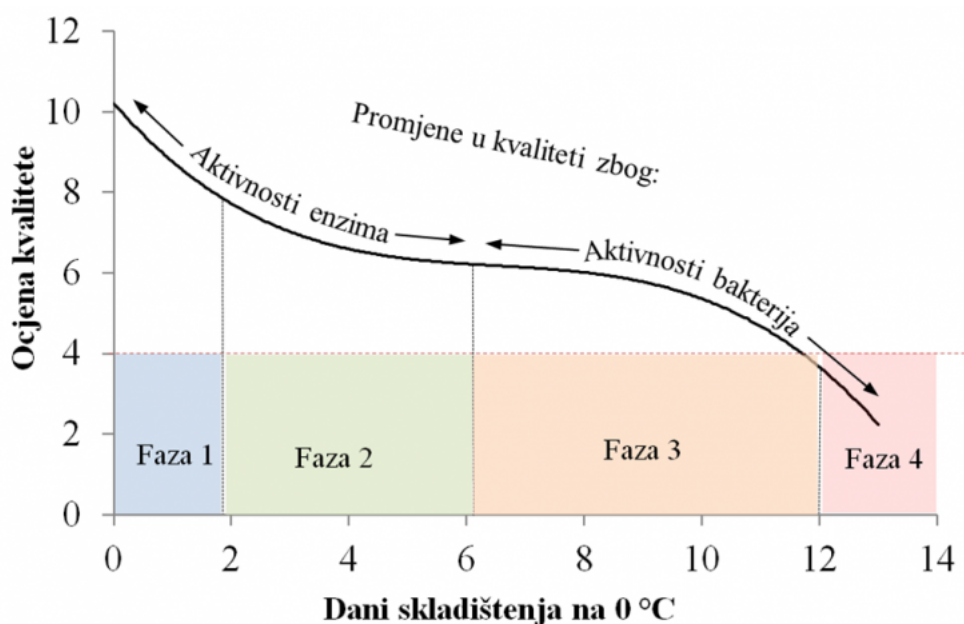
U radu je razmotreno svako od navedenih pitanja te je prikazan i proračun kako bi se mogle odrediti dimenzije sustava za proizvodnju leda na ribarskim brodovima i potrebna snaga takvih sustava ovisno o povećanju potrebe za ledom. Određeno je optimalno rashladno sredstvo za ulov i prikazana je njegova usporedba s drugima te njegova ekonomska i vremenska isplativost na temelju stvarnih podataka.

## 2. KORIŠTENJE LEDA U AKVAKULTURI I RIBARSTVU

Korištenje leda za šokiranje ribe po ulovu produžava rok trajanja te usporava proces kvarenja i smanjenja kvalitete. Od trenutka prvog kontakta s ribom njena kvaliteta kreće kontinuirano opadati zbog neizbježnih bioloških procesa koji se krenu događati organizmu pri usmrćenju. Prije samog leđenja pogodno je ribu što brže ubiti budući da stres koji se događa pri lovljenju utječe direktno i na razine pH odnosno njihov pad. Što je riba duže izložena stresu meso joj gubi sposobnost vezanja vode, gubi vlažnost i nakon termičke obrade tvrđe je teksture [2].

Nakon završetka životnog vijeka ribe počinje enzimska razgradnja. Probavni enzimi najviše utječu na pad kvalitete mišićne teksture. Budući da riba više ne diše stanice ostaju bez kisika te se proces proizvodnje ATP-a (adezin trifosfata) aerobnim putem pretvara u anaerobni. Post – mortem trošenje ATP-a tijelo se ukrućuje te dolazi do rigor mortisa odnosno mrtvačke ukočenosti [3].

Ulovljena riba izložena temperaturi većoj od temperature smrzavanja pogodna je za razvoj bakterija. Bakterijska aktivnost dovodi do degradacije topljivih komponenata niske molekularne mase čiji su hlapljivi metaboliti odgovorni za neugodan miris i okus ribe. Riba je sklonija većem kvarenju bakterijama kada se izlovljava mrežama gdje se velike količine ribe tiskaju jedna kraj druge te zbog puknuća na koži ribe, ogrebotinama i sličnom dolazi do ubrzanog razmnožavanja bakterija koje onda utječu na sve ribe [4]. Faze kvarenja ribe ovisno o danu i kvaliteti prikazane su na Slici 1.



Slika 1. Dijagram kvarenja ribe po fazama [1]



## 2.1. Kvaliteta ribe

Kvaliteta ribe se primarno provodi senzoričkim vrednovanjem gdje se vizualnim pregledom gleda generalno stanje, veličina, boja, sjaj, fizička oštećenja kako je prikazano na Slici 2. Potom se ocjenjuje miris odnosno svježina i postojanje neugodnih mirisa. Osjetilom okusa se provjeravaju neugodni okusi i arome, masnoće, kiselost, slanoća i slatkoća. Također, provodi se i taktilno ispitivanje teksture, tvrdoće, elastičnosti, hrapavosti i prisutnosti kostiju. Naposljetku, osluškuje se lomljivost i krhkost ribe.



Slika 2. Svježina ribe [5]

Vrednovanje po EU (Europska Unija) kriterijima definirano je po dvije kategorije, svježina i veličina ulovljene ribe. Svježina je podijeljena u tri kategorije E (iznimna), A i B. Prilikom vrednovanja na drugačiji se način pregledava svaka od pet kategorija (bijela riba, plava riba, morski pas, glavonošci i rakovi). Općenito se kod riba pregledava koža, sluz, oko, škrge, škržne zaklopce i potrbušnicu. U Tablici 1 je prikazan primjer vrednovanja svježine bijele ribe [6].

Tablica 1. EU protokol koji se primjenjuje pri procjeni bijele ribe

Područje pregleda	Kriterij			
	Kategorije svježine			Neprihvatljiva
	Iznimna	A	B	
Koža	Svijetli pigment duginih boja ili svjetlacava; nema diskoloracije	Pigmentacija svijetla, ali bez sjaja	Diskoloracija i gubitak sjaja u tijeku	Bezbojna i bez sjaja
Sluz na koži	Vodenasta, prozirna	Blago zamućena	Mliječne boje	Žućkasto siva i mutna
Oko	Konveksno; crna, sjajna zjenica; prozirna rožnica	Ispupčeno, no blago upalo; tamna zjenica bez sjaja; blago zamućena rožnica	Aplanirano; rožnica svjetlacava; mutna zjenica	Udubljeno u središtu; siva zjenica; rožnica mliječne boje
Škrge	Svijetle boje; bez sluzi	Ne tako intenzivne boje; sluz prozirna	Smeđe/sive; debela, mutna sluz	Žućkaste; sluz mliječne boje
Potrbušnica	Glatka; svijetla; teško odvojiva od mesa	Blago diskolorirana; odvojiva od mesa	Pjegava; lako odvojiva od mesa	Uopće ne prijanja
Miris škrge i trbušne šupljine	Miris morskih trava	Ne mirišu po morskim travama; neutralan miris	Miris fermentacije; blago jedak miris	Jedak
Meso	Čvrsto i elastično; glatke površine	Smanjene elastičnosti	Blago omekšalo, smanjene elastičnosti, voštane i diskolorirane mutne površine	Meko; ljuske se lako odvajaju od kože, površina poprilično naborana

## 2.2. Omjeri ribe i leda

Kroz praksu se kao optimalna metoda rashlađivanja ulova pokazalo korištenje leda. Led se može proizvoditi na brodu ili se može nositi iz ribarskih luka. Prednost proizvodnje leda na brodu je da se izbacuje mogućnost premale ili prevelike količine ponesenih zaliha leda.

Led dolazi u više oblika te za svaki ima drugačija svojstva. Može biti u velikim komadima koje se ne smije koristiti kako ne bi nagnječili ili probušili ulov te se veliki komadi lome u manje i onda se kao takvi koriste. Korištenje velikih komada najgora je praksa te se stoga koriste dvije druge vrste leda tekući i ljuskasti. Tekući led izgleda kao kaša i prednost je što se riba i ostali morski proizvodi mogu odlično prekriti i samim time je izmjenjena topline odnosno rashlađivanje ulova izrazito dobro. Međutim, najčešći oblik leda korištenog i proizvedenog na brodu je ljuskasti led koji nastaje našpricavanjem vode po cilindričnom limu koji se hladi te se led stvoren na njemu lomi i dobiva se led u obliku ljuski [3].

Preporučeni početni omjer ulova i leda je jedan naprema jedan kako bi se temperatura ribe što prije spustila što bliže 0 °C budući da sa svakih pet stupnjeva pada temperature ulova brzina propadanja mesa se smanjuje za pola. Ono što utječe na samu potrebnu masu leda je i područje gdje se riba lovi te njena temperatura pa će tako posljedično biti potrebno sve više i više leda kako je temperatura ulova veća kao što je prikazano u Tablici 2.

**Tablica 2. Teorijski izračun količine leda potrebne za hlađenje 10 kg ribe do temperature 0 °C [7]**

Temperatura ribe (°C)	Potrebna količina leda (kg)
30	3,4
25	2,8
20	2,3
15	1,7
10	1,2
5	0,6

Razvojem tehnologije led se više na ribaricama ne mora proizvoditi samo iz slatke vode već se može koristiti i morska voda koja je na pučini stalno dostupna i besplatna. Još jedna od prednosti morskog leda je što hladi ribu na nižu temperaturu budući da mu je ledište na oko -2 °C, ovisno o postotku soli, za udio soli između 3 i 3,6 %. Nedostatak hlađenja ledom od morske

vode je postojanje mogućnosti zamrzavanja ribe te upijanja soli u tkivo kao i cijena stroja koja je skuplja za slanu verziju [7].

Često se sitna riba hladi mješavinom vode i leda i to tako da se neposredno prije ulova pomiješa led i morska voda gdje je za umjerenu klimu taj omjer 1 kg vode, 1 kg leda, 4 kg ribe, a za područja tropskih klima omjer iznosi 1 kg vode, 2 kg leda, 6 kg ribe. Dođe li do porasta temperature smjese samo se nadoda još leda [4].

Prilikom pakiranja ribe za prijevoz i očuvanje se koriste polietilenske termoizolirane kutije (kašete) poput one na Slici 3 u koje se slaže ulov i to tako da se prvo položi deblji sloj leda od oko 5 cm nakon toga se naslaguje sloj ribe te se sloj prekriva ledom i postupak se ponavlja dok se kutija ne napuni te je potrebno da zadnji sloj bude također sloj leda, prilikom slaganja ribe treba pripaziti da se polaže u ravnom položaju bez savijanja. Kutije trebaju imati i rupicu za odvod otopljenog leda te se po potrebi dodaje još leda odnosno zamijeni se otopljeni [8]. Led se stavlja tri puta:

1. prilikom ulova (šokiranje)
2. prilikom transporta
3. prilikom prodaje.



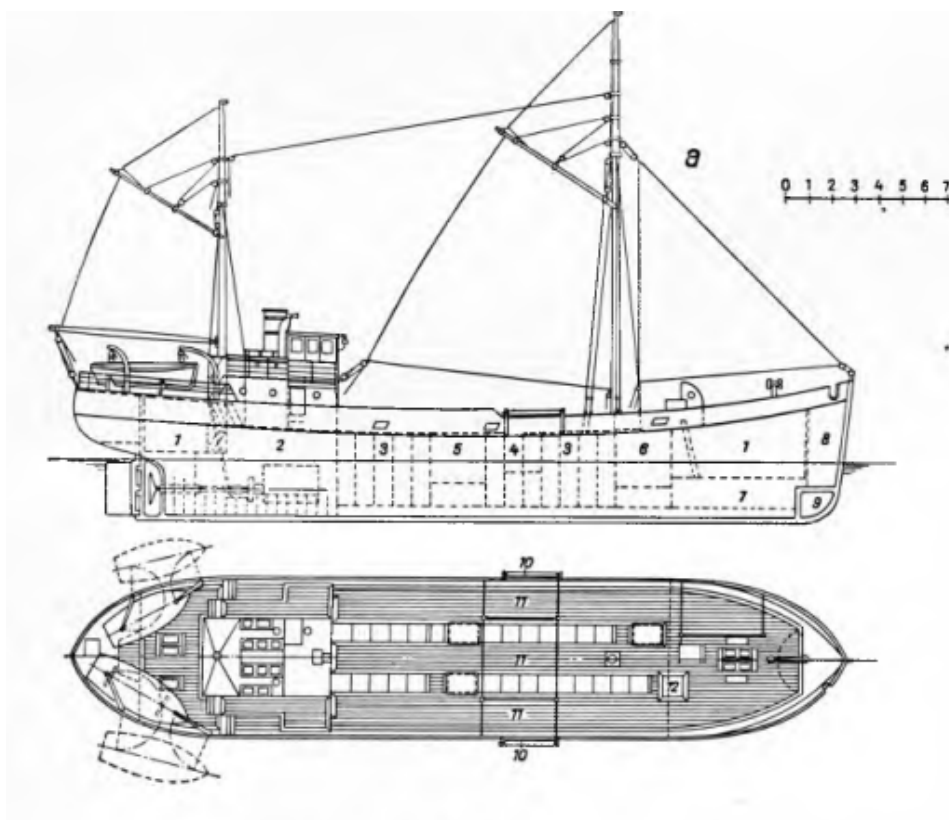
Slika 3. Kutija za ribu s odvodom [9]

## 2.3. Tipovi ribarskih brodova

Prikazana je podjela ribarskih brodova i njima pripadajućih mreža i alata. Vrsta broda sama po sebi ne definira potrebu za ledom već usmjerava prema određenim potrebama na temelju vrste ribe koju brod lovi, veličine broda odnosno kapaciteta da ribu ulovi i skladišti i na kraju oprema za očuvanje gotovog i proizvodnju novog leda.

### 2.3.1. Brod za ribolov mrežama stajaćicama

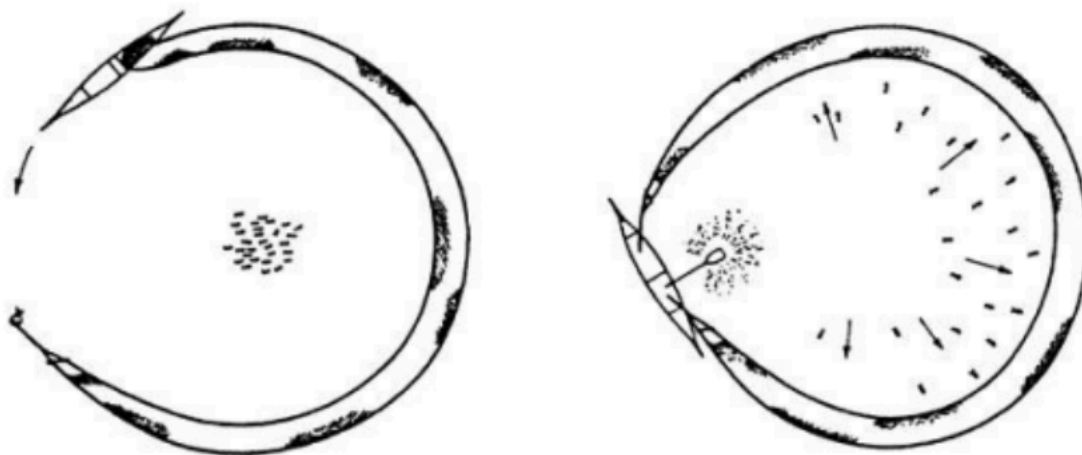
Prednost ribolova mrežama stajaćicama, kao na Slici 4, jest da ih brod ne mora vući za sobom te se prilikom opremanja broda može odabrati pogonski stroj manje snage, a samim time i jeftiniji sustav. Međutim, ta ista ušteda uzrokuje druge troškove da budu veći pa se uslijed toga moraju kupovati skuplje i teže za održavati mreže. Budući da se u Europi sezona ribolova mrežama stajaćicama sve više ograničava ovakva vrsta ribolova postaje sve manje isplativa te se glavna prednost manjeg pogonskog stroja pretvara u nedostatak budući da se brod ne može prenamijeniti za druge vrste ribolova bez dodatnih ulaganja u jači pogonski stroj [10].



Slika 4. Brod za ribolov mrežama stajaćicama [10]

Mreže stajaćice dijele se na:

1. jednostruka mreža stajaćica s jednostrukim mrežnim tegom,
2. trostruka mreža stajaćica s trostrukim mrežnim tegom koji se dijeli na srednji teg i dva vanjska,
3. trostruka jednopodna mreža stajaćica.



Slika 5. Mreža za zapas [11]

Pod ribolovom mrežama stajaćicama podrazumijeva se ribolov topljenjem mreža na doček i topljenjem mreža na zapas kako je prikazano na Slici 5. Mreže stajaćice moraju biti usidrene na oba kraja. Topljenje na zapas podrazumijeva način ribolova mrežama stajaćicama gdje se mrežom zaokruži plova ribe, a zatim se uz pomoć svjetla i pobuka riba plašenjem tjera u mrežu ili se izlovljava ostima. U ribolovu na zapas dozvoljeno je dodatno pregraditi mrežom zapasanu ribu radi sužavanja plove ribe na manji prostor. U ribolovu na zapas zabranjena je upotreba mreža kod kojih se završno izlovljavanje obavlja stiskanjem donjeg dijela mreže. Također prilikom ribolova na zapas ne smije se koristiti više od petsto metara dužine mreža stajaćica. Općenito prilikom ribolova mrežama stajaćicama ne smije se povlačiti konope, lance, koristiti pobuk, umjetnu rasvjetu, ronilačku opremu kako bi se ribu zaplašilo ili namamilo u mreže [12]. U Hrvatskoj se 2017. godine koristilo ukupno 6.073 mreže stajaćice [10].

### 2.3.2. Brod za ribolov povlačnim mrežama

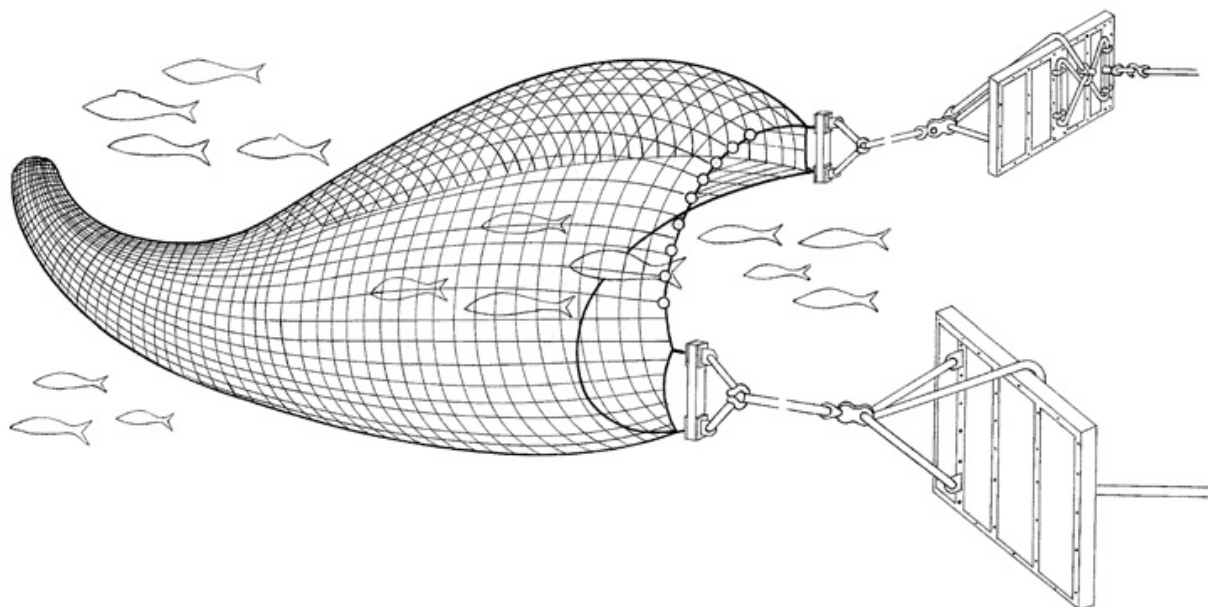
Brodovi za ribolov povlačnim mrežama dijele se u tri kategorije prema načinu povlačenja mreže [10]:

1. kočari za bočno povlačenje mreže – ovakvi brodovi su daleko najbrojniji ribarski brodovi općenito. Ono što ih povezuje u ovu kategoriju je jedino tip izvlačenja mreže dok sve ostalo poput veličine, rasporeda prostorija, trupa broda i sličnog nije strogo definirano.
2. kočari za povlačenje mreže po krmi – ribarski brodovi, kao na Slici 6, koji se najčešće mogu koristiti za više vrsta ribolova te kada su korišteni za ribolov povlačnim mrežama one povlače preko krme ispod koje se sprema ulov i mreža, a prostorije poput strojarnice, kormilarnice i ostalih su smještene ispod ili bliže pramca
3. kočari za povlačenje mreže u paru – u današnje vrijeme rijetko korišten način ribolova zbog svoje kompleksnosti. Odvija se na način da dva broda koordiniraju zajedničko povlačenje mreže te se tako može loviti učinkovitije nego samostalno, ali zbog složenosti i raznih potencijalnih opasnosti poput zapinjanja mreže se polako odmiče od takvog ribolova.



Slika 6. Brod za ribolov povlačnim mrežama [11]

Povlačne mreže – koće se izvlače uz pomoć broskog pogonskog stroja te se dijele na pridnene koće i pelagijske koće. Pridnene koće se vuku pri dnu i sastoji se od krila, grla dok se pelagijske, poput one na Slici 7, povlače kroz stupac morske vode od slobodne površine mora do malo iznad dna s 1 ili 2 broda te se najčešće koristi za lov na sitnu plavu ribu.



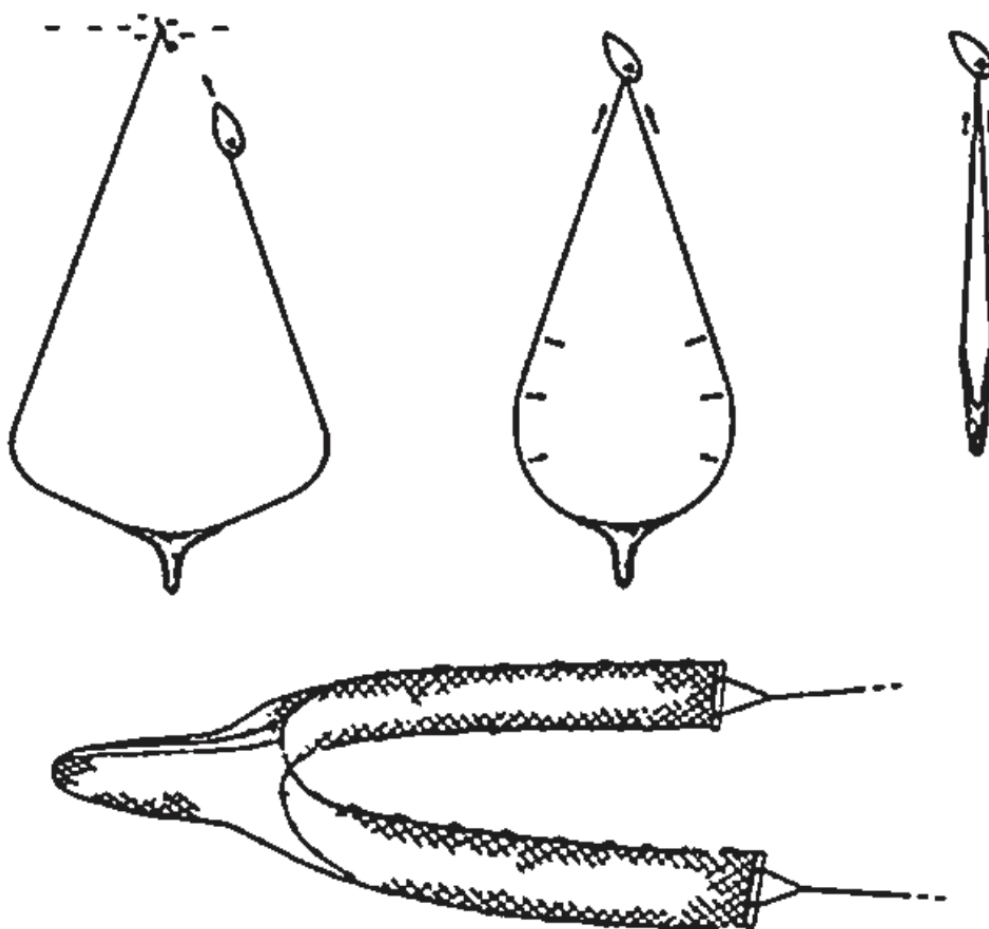
Slika 7. Povlačna mreža [11]

### 2.3.3. Brod za ribolov mrežama potegačama

Za ovakvu vrstu ribolova koriste se najčešće drveni brodovi između četrnaest i dvadeset metara koji izgledom sličje priobalnim kočarima. Ovakav tip ribolova najčešći je u sjevernim dijelovima Europe, a izvodi se polukružnim polaganjem mreže potegače te se potom brod usidri i povlači mrežu. Ribolov mrežama potegačama ograničen je na male brodove budući da bi veliki uslijed valova i ostalih osnih gibanja previše trzali mrežu te se zbog visine broda mreža i teže izvlači na njega. Riba se na ovakvim brodovima drži u skladištu smještenom na sredini koje se radi u dvije izvedbe od kojih se u prvoj riba drži u spremnicima s ledom, a druga izvedba uključuje dotok slane morske vode u spremište gdje se ribu drži živom [10].

Obalne mreže potegače, kako je prikazano na Slici 8, su ribolovni alati kojima se ograđuje morski prostor i koje se potežu prema obali užetom pomoću vitla na plovilu koje je privezano za obalu ili čovjekovom fizičkom snagom [12].





Slika 8. Mreža potezača [13]

#### 2.3.4. Brod za ribolov mrežama plivaricama

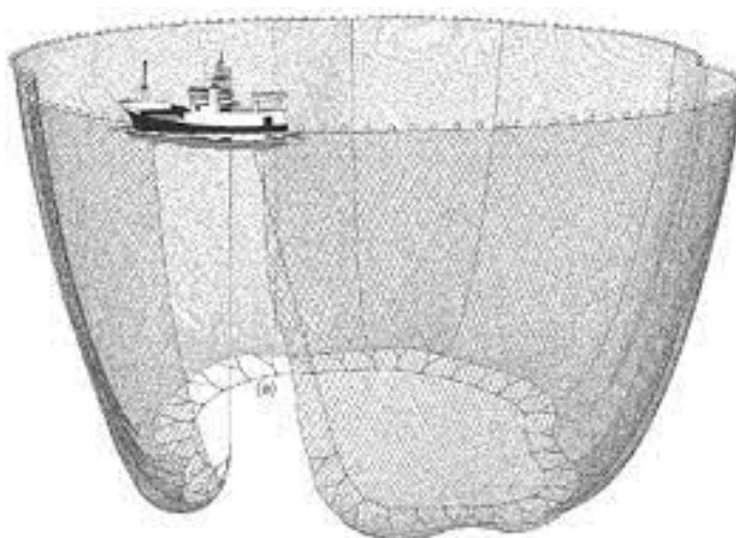
Uz kočarenje najučestalija vrsta ribarenja gdje se brodovi mogu podijeliti u dvije skupine. U prvoj brodovi polažu mrežu s dva pomoćna čamca i u drugoj, poput onog prikazanog na Slici 9, gdje ju polažu samostalno. Ribolovna tehnika mrežama plivaricama, koje su najveće vrste mreže koje se koriste u Jadranu [10], uključuje okruživanje jata riba te se zatim stezačima mreža stisne s donje strane i stvori vrećasti oblik mreže gdje ulov ostane zarobljen.



**Slika 9. Brod za ribolov mrežama plivaricama [14]**

Mreže plivarice, kao na Slici 10, dijele se na [15]:

1. plivarica tunolovka za okruživanje i ulov tune i druge krupne plave ribe,
2. plivarica palamidara za ulov palamide, rumbaca i gofa,
3. plivarica srdelara za ulov sitne plave ribe,
4. plivarica iglicara za ulov iglice,
5. plivarica ciplarica za ulov cipala, salpe i ušate,
6. plivarica oližnica za ulov gavuna olige.



**Slika 10. Mreža plivarica [13]**

### **2.3.5. Brod za ribolov udicom, panulama i parangalima**

Brodovi za ribolov udicom, panulama i parangalima u Europi gotovo da se ne koriste za industrijski ribolov dok se u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) i Japanu koriste najviše za lov na tune i slične ribe. U Hrvatskoj se ovakav ribolov primarno odnosi na sportski i hobi ribolov gdje ljudi većinom pecaju modernijih hobi brodica ili sa starih barki kao na Slici 11.



**Slika 11. Ribolov udicom [16]**

### **2.3.6. Brod za lov harpunima**

Brodovi za lov harpunima poput prikazanog na Slici 12 većinom se koriste za primitivan ribolov (domoroci) ili za lov na kitove, sabljarku i slično. Brodovi specijalno izrađeni za lov na kitove možda su tehnički najbolji ribarski brodovi zbog izrazito čvrste čelične konstrukcije spremne za razbijanje leda.



Slika 12. Brod za lov harpunom [17]

### 2.3.7. Brod za preradu ribe

Brodovi koji opskrbljuju glavne brodove hranom, gorivom vodom te preuzimaju ulov i potom ga obrađuju kao prikazani na Slici 13. Ovakvi brodovi na sebi posjeduju samo opremu za pomoć glavnom brodu ili opremu koja ima za funkciju preradu ulovljene ribe u proizvod spreman za slanje na tržište.



Slika 13. Brod za lov harpunom [18]

### 3. PROIZVODNJA LEDA ZA AKVAKULTURU I RIBARSTVO – TEHNIČKA RJEŠENJA

Kao što je prethodno spomenuto u praksi se za profesionalno hlađenje ribe koriste samo dvije vrste leda, a to su takozvani tekući led (eng. ice slurry) i ljuskasti led (eng. flake ice). Valja napomenuti da se ljuskasti led često koristi i za prezentaciju ulova na tržnicama kao na Slici 14 ili u restoranima dok se tekući led više koristi na samim brodovima.



Slika 14. Proizvodi hlađeni ledom za vrijeme prodaje [19]

#### 3.1. Tekući led

Tekući led svoju primjenu osim u ribarstvu nalazi i u novim tehnologijama rashlade u zgradarstvu. Njegova najveća prednost je mogućnost prijenosa kroz cijevi pumpama te posjeduje veći toplinski kapacitet od ostalih vrsta leda. Kako bi prepumpavanje, poput onog prikazanog na Slici 15, rashladnog medija bilo što bolje u njega se mogu dodavati različite količine aditiva i samim time kalibrirati njegova svojstva na željenu razinu.

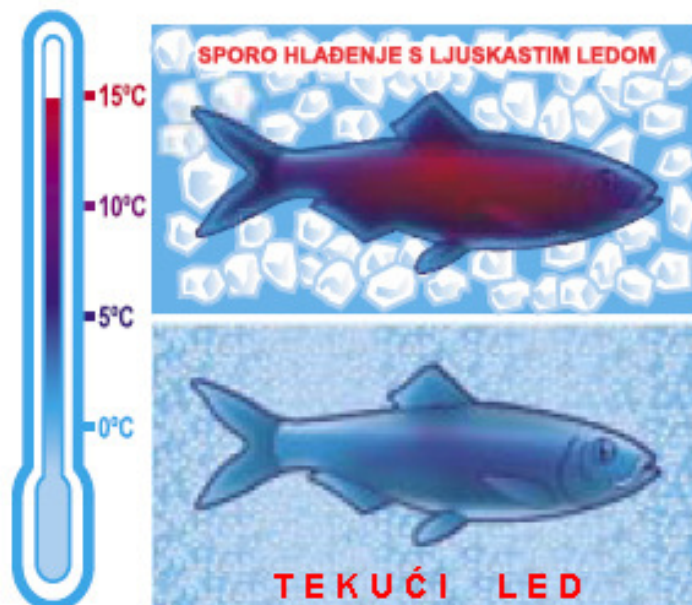
Sastav tekućeg leda jest sljedeći: voda, etilen-glikol i mineralne soli. Ovisno o omjerima sastojaka tekući led ima različita svojstva pa se tako pri dvadeset do dvadeset i pet posto koncentracije leda poprima pumpna svojstva poput obične rashlađene vode međutim nudi 5 puta veću rashladu od hladne vode, porastom udjela leda na četrdeset do pedeset posto poprima

gustoću blata, a penjanjem udjela na šezdeset i pet do sedamdeset i pet posto poprima gustoću sladoleda iz automata. Naposljetku, ako je udio leda sto posto onda kristali prestaju biti ljepljivi i kao takav pogodan je za razne primjene [20].



**Slika 15. Sipanje tekućeg leda u posudu s ribom [20]**

Tekući led pri dodiru s ribom u potpunosti prianja uz kožu ribe, gdje se mikroskopski kristalići leda, tvoreći hladnu morsku “kašu leda” sporo otapaju u dodiru s ribom, a time ujedno najbrže, najučinkovitije i u potpunosti hlade (šokiraju) ribu kako je prikazano na Slici 16.



Slika 16. Prikaz razlike hlađenja ljuskastim i tekućim ledom [21]

Prednosti tekućeg morskog leda:

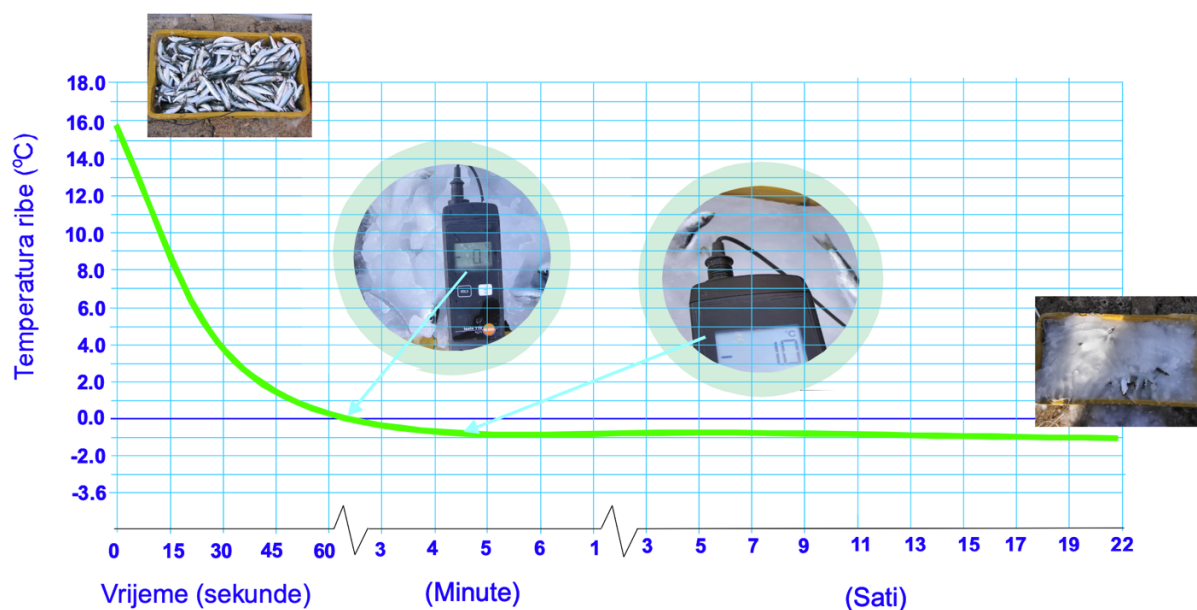
- najbrža i najkvalitetnija metoda hlađenja ribe, najniža temperatura leda
- kašasti tekući led, nema oštih rubova i ne oštećuje ribu, 100% kontakt leda s ribom
- tekući led se može pumpati pomoću običnih plastičnih cijevi i prenositi na željeno mjesto kao na Slici 17
- zbog svoje konstrukcije uređaji su manjih dimenzija od uređaja za proizvodnju ostalih vrsta leda



**Slika 17. Konzistentnost tekućeg leda pri temperaturi  $-1,6\text{ °C}$  [21]**

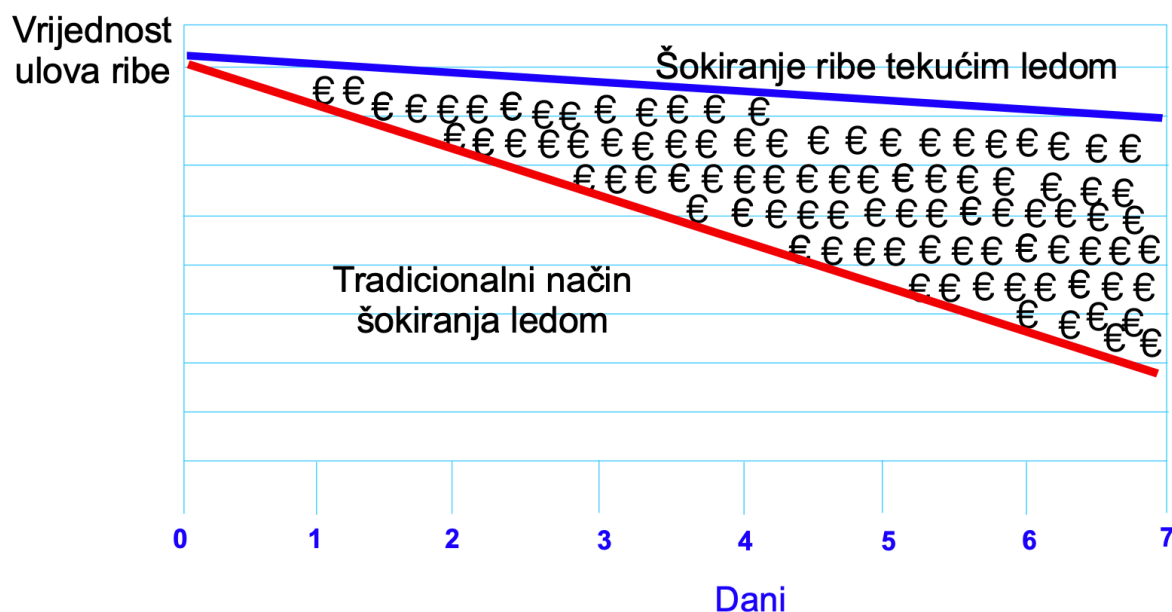
Tekući led je najbolje rješenje za šokiranje plave ribe poput inćuna i srdela. Na Slici 18 je prikazano ponašanje ribe kada se u kašetu sa 7 kg inćuna i srdela stavljeno je oko 4 kg tekućeg leda (cca. 40% do 50% leda u ledenoj kaši na  $-2,60\text{ °C}$ ) i termometar u srdelu koja je umetnuta u sredinu kašete. Početna temperatura ribe je  $16\text{ °C}$ . U 85 sekundi riba se ohladila na temperaturu od  $-0,1\text{ °C}$ , te ukupno 4 minute i 40 sekundi na  $-1\text{ °C}$ . Riba je ostala pokrivena tekućim ledom (nije potreban ledomat) uz zadržanu istu temperaturu.





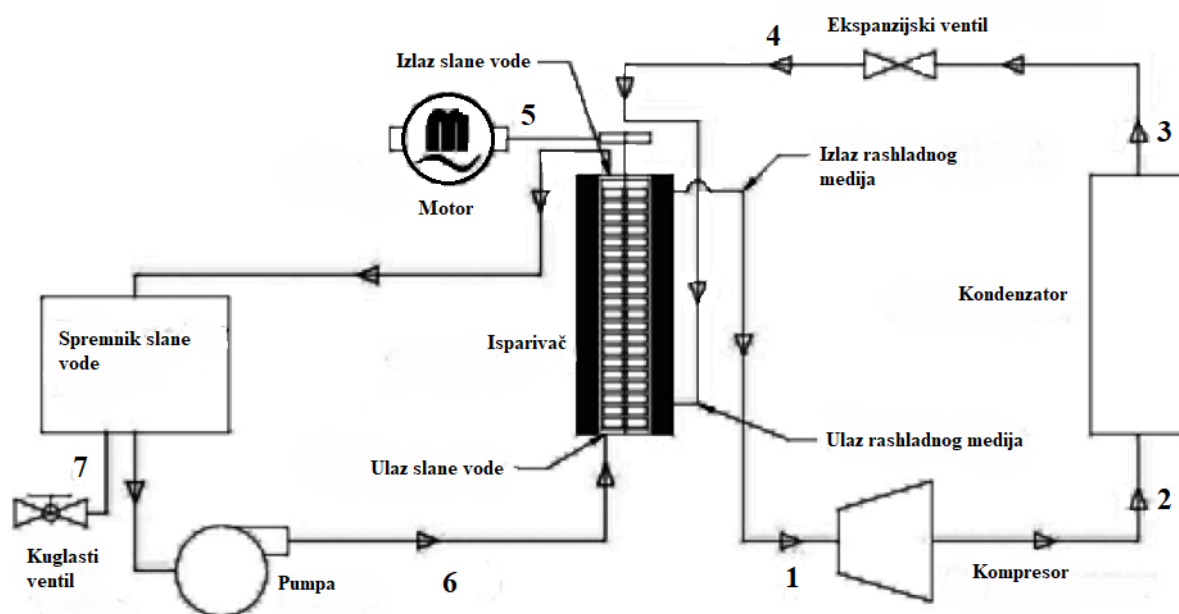
Slika 18. Prikaz promjene temperature ribe uslijed šokiranja [21]

Ovakvim korištenjem tekućeg leda ribolovci očuvaju veću količinu ulova bez oštećenja, duže zadrže svježinu odnosno imaju proizvod više zadržane kvalitete, a samim time tržišno odnosno novčano vrijedniji odnosno isplativiji proizvod. Na Slici 19 je prikazana novčana razlika između hlađenja tekućim ledom i standardnim oblicima leda.



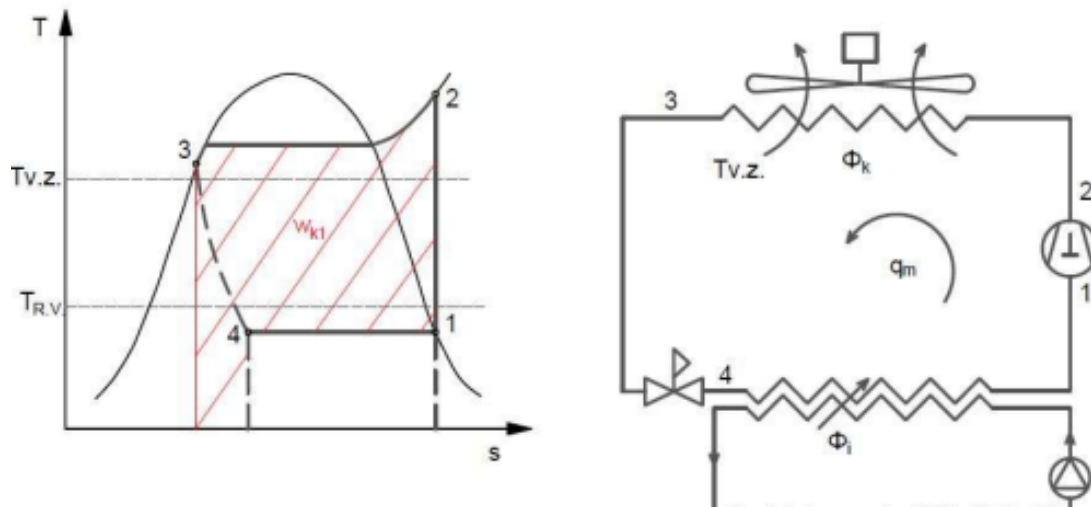
Slika 19. Vrijednost ulova ribe [21]

Princip proizvodnje tekućeg leda jest veoma sličan radu izmjenjivača topline. Sastoji se od 2 cilindra različitih promjera, ali iste visine gdje se jedan nalazi unutar drugoga. Na površinu unutarnjeg cilindra se procesom konvekcije apsorbira toplina te se stjenka stoga mora hladiti rashladnim medijem. Za materijal izrade cilindara najčešće se koristi nehrđajući čelik budući da su stjenke u kontaktu sa slatkom ili morskom vodom koje pogoduju razvoju korozije. Stalni protok kroz generator stvara nakupljanje leda na unutrašnjoj stjenki cilindra te se u stroj ugrađuje strugalica s oštricama koja nakupinu uklanja i održava njenu konzistentnost. Kao što je prikazano na slici spremnik morske vode spojen je na kuglični ventil koji se može koristiti i kao ekspanzijski ventil, iz spremnika se voda tjera pumpom u cilindre gdje se višak odvodi nazad u spremnik [22].

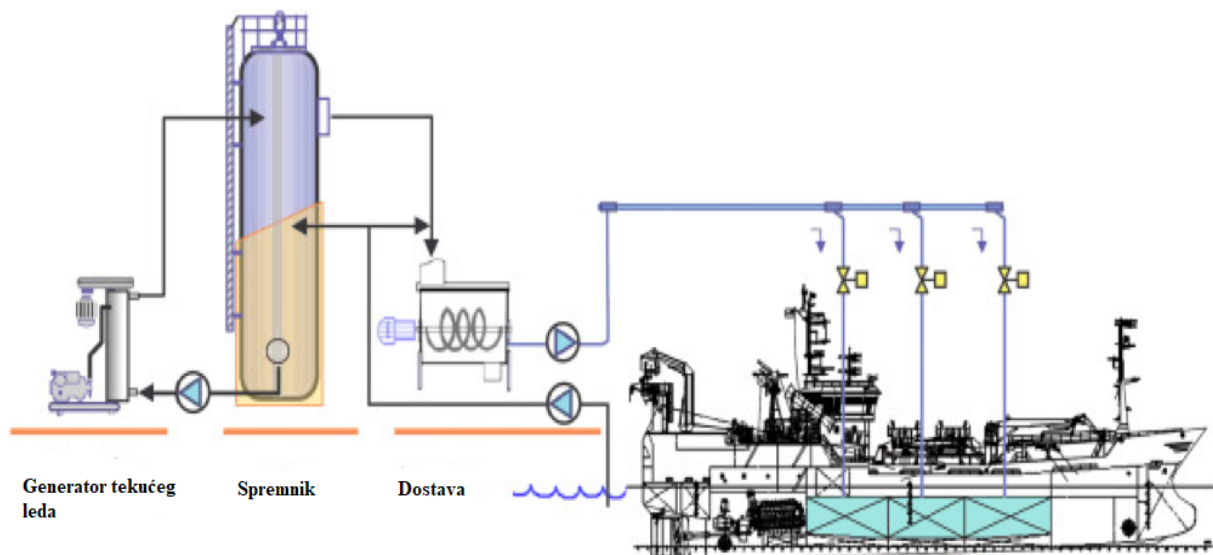


Slika 20. Shema sustava proizvodnje leda [22]

Rashladni medij prolazi ciklus kroz dizalicu topline gdje se od točke jedan do točke dva radi kompresija smjese, kako je prikazano sa Slikama 20 i 21, čime se podiže na višu temperaturu potom se vanjskim zrakom provodi kondenzacija rashladnog medija te se prigušivanjem medij spušta na temperaturu za rashlađivanje. Pri toj temperaturi medij prolazi kroz proces isparavanja pri čemu na sebe preuzima toplinu morske vode te joj samim time spušta temperaturu i tako nastaje ljuskasti led.

Slika 21. Prikaz procesa u  $T, s$  dijagramu [23]

Međutim, kao što je prethodno spomenuto za proizvodnju tekućeg leda potrebno je dobiveni led miješati s pothlađenom vodom i etilen glikolom u različitim omjerima kako bi dobili smjesu koja zadovoljava naše potrebe. Tako dobivena smjesa se potom prepumpava u spremnike u brodu kao na Slici 22.



Slika 22. Prikaz postrojenja za proizvodnju leda na brodu [20]

### 3.2. Ljuskasti led

Ljuskasti led svoju primjenu nalazi u područjima kao što su ribarstvo, proizvodnja cementa, očuvanje hrane, proizvodnjai kemikalija kako je prikazano na Slikama 23 i 24.



Slika 23. Riba obložena ljuskastim ledom [24]



Slika 24. Primjena ljuskastog leda [25]

Ljuskasti led je suh i pothlađen proizvod iz slatke ili slane vode plosnatih nepravilnih oblika. Proizvodi se u strojevima poput onog na Slici 25 s bubnjem odnosno cilindrom kao na Slici 26 koji se hladi te se voda prilikom našpricavanja na površinu smrzava. Nastaje ledeni sloj debljine dva do tri milimetra koji se potom lomi u komadiće koji izgledaju poput krhotina stakla. Proces je u teoriji gotovo identičan kao i proizvodnja tekućeg leda međutim ovdje se voda prelijeva s gornje strane te se višak skuplja na dnu stroja u posudu te ga se onda vraća u spremnik. Ovakvom vrstom leda na brodovima se vrlo često rukuje pomoću lopata [26].



**Slika 25. Uređaj za proizvodnju ljuskastog leda [27]**



Slika 26. Primjena ljuskastog leda [25]

### 3.3. Usporedba tekućeg i ljuskastog leda

Tekući led naprema ljuskastog korišten u ribarstvu ima niz prednosti kao što su [28]:

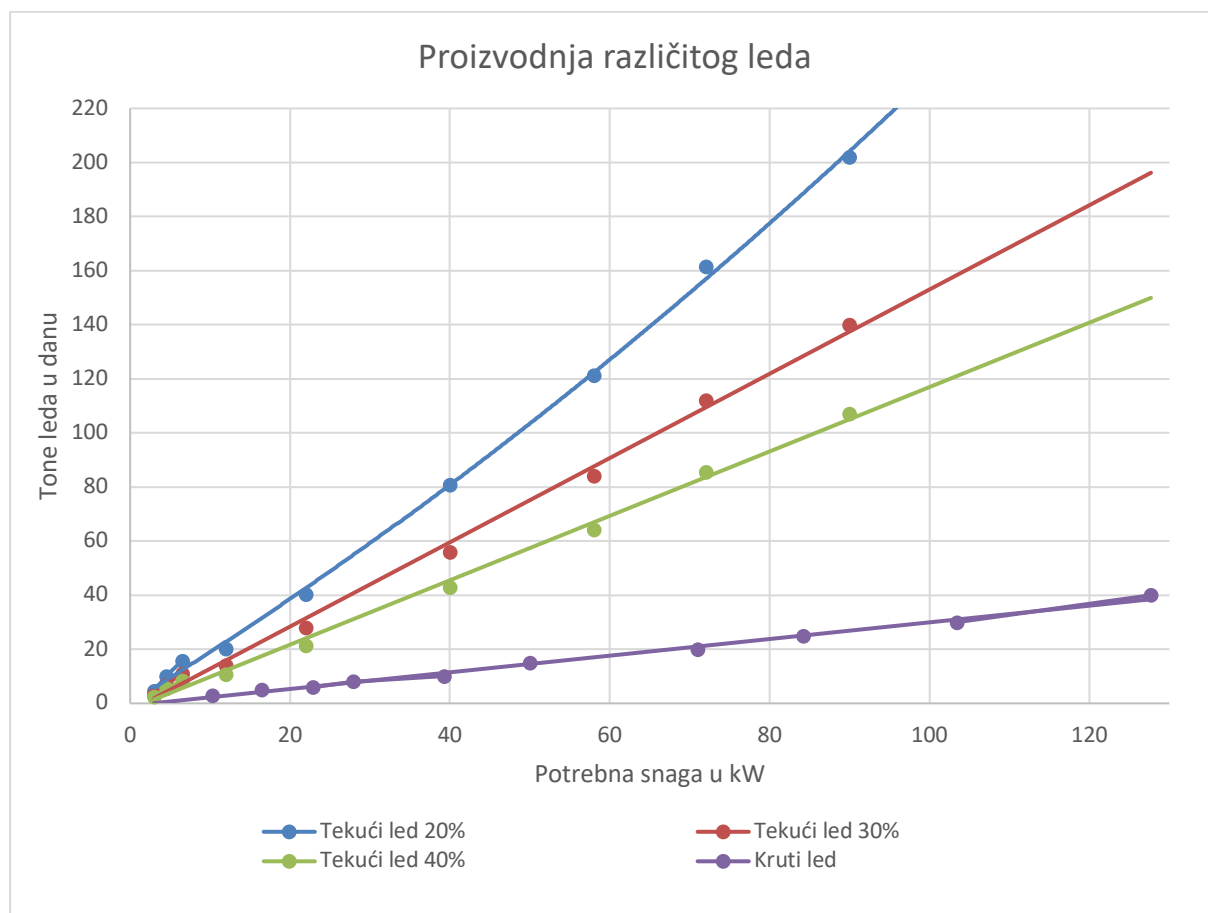
- izmjena topline na površini s ribom je četiri puta veća nego kod oblaganja s ljuskastim ledom što omogućuje brzo hlađenje ribe,
- temperatura ispod nule, iako blizu temperature smrzavanja ribljeg mesa, omogućuje značajno usporavanje kemijskih i enzimskih reakcija koje se javljaju pri kvarenju ribe
- cjelovito prekrivanje površine što omogućava efikasnije hlađenje i prevenira proces dehidracije proizvoda prilikom skladištenja,
- tečenje tekućeg leda po površini ribe također pomaže pri uklanjanju mikroorganizama te samim time manje mikroorganizama uđe u meso kroz kožu,
- fizička oštećenja izazvana tekućim ledom naspram ljuskastog su minimalna budući da kristali u tekućem ledu imaju sferni oblik za razliku od ljuskastog leda s oštrim bridovima koji mogu oštetiti ribu,
- sol u tekućem ledu omogućuje duže vrijeme očuvanja, stabilizaciju mišićnih vlakana što za posljedicu ima veću iskoristivost mesa,

- tečnost tekućeg leda dozvoljava konstantnost procesa poput sipanja, premiještana, automatizacije prerade i distribucije svježih proizvoda čime se jamči da će sam proces imati i više higijenske uvjete,
- sustavi tekućeg leda dozvoljavaju miješanje s raznim dodacima poput ozona koji omogućava bolju mikrobiološku kontrolu proizvoda i/ili kemijskih dodataka poput antioksidansa koji sprečavaju oksidaciju lipida, da meso poprimi smeđu boju...

Provedena je usporedba hlađenja brancina i orade u četiri grupe [29]. Grupa A je brancin hlađen tekućim ledom, grupa B je orada hlađena tekućim ledom, grupa C je brancin hlađen ljuškastim ledom i grupa D je orada hlađena ljuškastim ledom. Testiranje je provedeno tako da je svaka grupa izvađena iz vode te je tretirana na dva sata sa unaprijed određenim sredstvom. Nakon što je sredstvo rashladilo ribu, ona je izvađena i stavljena u suhu kutiju bez leda na 4 °C te je na 1., 5., 8., 13. i 15. dan pregledavana i ispitivana da bi se saznalo nakon kojeg vremenskog perioda će se pokvariti. Rezultati su pokazali da su grupa A i B tretirane tekućim ledom postale zdravstveno neispravne nakon 15 dana odnosno 2 dana nakon što su se C i D grupa pokvarile u trinaestom danu.

Također, provedeno je ispitivanje u Australiji na pet vrsta kozica [28], sa i bez glave, gdje su ispitivali njihovu prehrambenu ispravnost s različitim rashladnim sredstvima i ovisno o vrsti kozice hlađene ljuškastim ledom zadržale su prehrambenu ispravnost od 10 do 17 dana, a kozice hlađene tekućim ledom izdržale su preko 20 dana.

Temeljem podataka o potrebnim snagama strojeva za različite tipove leda [21], [30] kao što je prikazano na Slici 27 vidljivo je da proizvodnja leda iziskuje puno veću snagu za manje količine proizvedenih tona leda u danu.



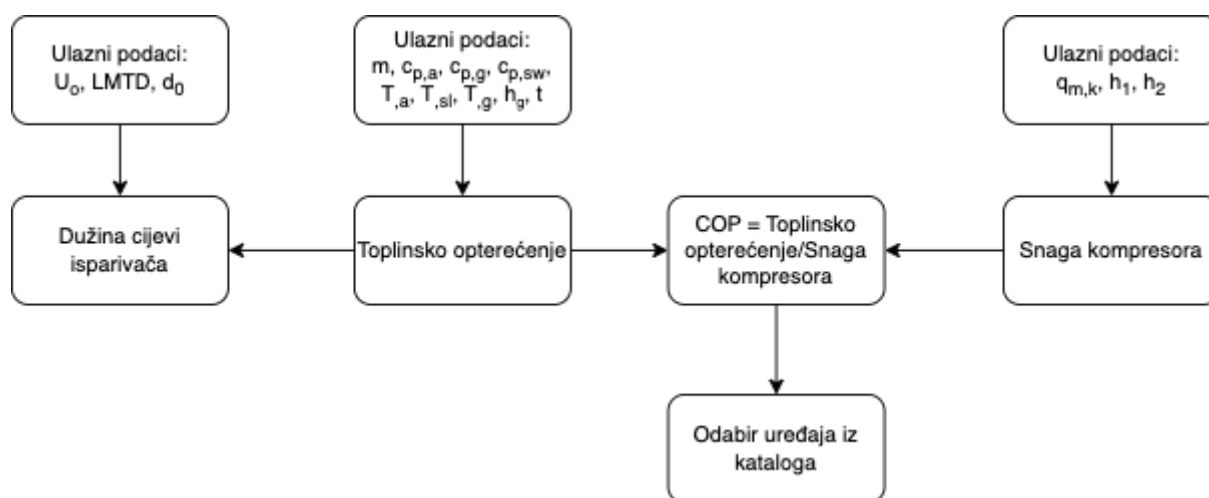
**Slika 27. Potrebna snaga uređaja za proizvodnju različitih vrsta i količina leda**



#### 4. IDEJNI PROJEKT SUSTAVA ZA PROIZVODNJU LEDA NA BRODU

U ovom poglavlju opisan je proračun postrojenja za proizvodnju leda [31].

Grubom podjelom proračun se može podijeliti na tri dijela. Prvi dio uključuje računanje toplinskog opterećenja i snagu kompresora što je i najbitnije budući da već s tim podacima preko COP-a (engl. *Coefficient of Performance*) može odabrati kataloški uređaj. Drugi dio proračuna sadrži određivanje dimenzija dijelova sustava kao što je prikazano za dužinu cijevi isparivača. Treći dio ne ulazi u matematički proračun već se sustav smješta nacrtno u prostor broda te kao takav u ovom radu nije obrađen. Nakon prikaza teoretskog proračuna kao na Slici 28 pokazano je i kako se toplinsko opterećenje ponaša u sprezi s povećanjem potreba leda koje je izračunato uz poznate specifične toplinske kapacitete zraka, glikol etilena, morske vode, temperature zraka, tekućeg leda, glikol etilena i njegove entalpije i naposljetku vrijeme trajanja procesa.



Slika 28. Shema proračuna uređaja za proizvodnju leda

Prvo je potrebno izračunati toplinsko opterećenje koje će se morati odvoditi. Poznajući ribolovne kapacitete broda možemo odrediti i koliko nam leda treba pa je tako za prvi korak potrebno izračunati potrebnu masu morske vode za proizvodnju leda.

$$m = \rho \cdot V \quad (1)$$

Gdje je:

$m$	kg	masa morske vode
$\rho$	m <sup>3</sup> /kg	gustoća morske vode
$V$	m <sup>3</sup>	volumen morske vode

Potom se računa toplinsko opterećenje kao:

$$\phi = m \cdot \frac{[c_{p,a} \cdot (T_a - T_{sl}) + 0,3 \cdot h_g + 0,3 \cdot c_{p,g} \cdot (T_g - T_{slurry}) + 0,7 \cdot c_{p,sw} \cdot (T_g - T_{sl})]}{t} \quad (2)$$

Gdje je:

$m$	kg	masa morske vode
$c_{p,a}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet zraka
$c_{p,g}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet glikol etilena
$c_{p,sw}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet morske vode
$T_a$	K	temperatura zraka (vanjska)
$T_{sl}$	K	temperatura tekućeg leda
$T_g$	K	temperatura glikol etilena
$h_g$	kJ/kg	entalpija glikol etilena
$t$	s	vrijeme

Potom se određuje COP tako da se izračuna toplinski tok koji se na isparivaču i potrebnu snagu kompresora. Uobičajeno je da se u ovakvim sustavima koristi radna tvar R-507a. Nakon izračuna toplinskog toka kondenzacije kataloški se odabire kondenzator i to u izvedbi „ljuske i cijevi“ (eng. „Shell and Tube“).

$$\phi_{kond} = q_m \cdot (h_3 - h_2) \quad (3)$$

$$P_{komp} = q_m \cdot (h_1 - h_2) \quad (4)$$

$$\phi_{isp} = q_m \cdot (h_1 - h_4) \quad (5)$$

$$COP = \frac{\phi_{isp}}{P_{komp}} \quad (6)$$

Gdje je:

$\Phi_{kond}$	W	toplinski tok kondenzacije radnog medija
$q_m$	kg/s	maseni protok rashladnog medija
$h$	kJ/kg	entalpije rashladnog medija u različitim točkama kao što je prikazano u $T, s$ dijagramu za dizalicu topline
$P_{komp}$	W	snaga kompresije
$\Phi_{isp}$	W	toplinski tok isparavanja

Nakon tako izračunatih podataka slijedi izračun dužine cijevi isparivača. I to kao:

$$L = \frac{\Phi_{isp}}{U_o \cdot LMTD \cdot \pi \cdot d_o} \quad (7)$$

Gdje je:

$L$	m	dužina cijevi isparivača
$\Phi_{isp}$	W	toplinski tok isparavanja
$U_o$	W/m <sup>2</sup> K	Koeficijent ukupnog prijenosa topline
$LMTD$	K	prosječna temperaturna razlika tekućine
$d_o$	M	vanjski promjer cijevi

Za razliku od ostalih dijelova sustava koji se biraju kataloški, dužina cijevi isparivača se izračuna te se potom takva cijev montira namotavanjem oko spremnika morske vode.

Potom je potrebno izračunati kompresijski omjer i maseni protok za odabir kompresora.

$$\text{Kompresijski omjer} = \frac{p_{kond}}{p_{isp}} \quad (8)$$

$$q_{m,k} = \frac{P_{komp}}{\Delta h} \quad (9)$$

Gdje je:

$p_{kond}$	tlak kondenziranja
$p_{isp}$	tlak isparavanja
$q_{m,k}$	maseni protok u kompresoru
$P_{komp}$	snaga kompresora
$\Delta h$	razlika entalpije

Sa svim prethodnim podacima može se kataloški odabrati isparivač, kompresor, kondenzator, a nakon toga se biraju i pumpe s poznatim kapacitetima za dobavu morske vode i za prepumpavanje leda.

Potrebno je uzeti u obzir dodatnu snagu koju će čitav sustav proizvodnje leda crpiti tako da se dodaje generator veće snage, a posljedično potrebno je i vidjeti da li je potreban veći spremnik goriva.

Stroj za proizvodnju leda može se odabirati poznajući količinu potrebnog leda odnosno količinu toplinskog opterećenja pri proizvodnji te mase za što se koristi prethodno spomenut izraz:

$$\phi = m \cdot \frac{[c_{p,a} \cdot (T_a - T_{sl}) + 0,3 \cdot h_g + 0,3 \cdot c_{p,g} \cdot (T_g - T_{slurry}) + 0,7 \cdot c_{p,sw} \cdot (T_g - T_{sl})]}{t} \quad (10)$$

Gdje je:

$m$	kg	masa morske vode
$c_{p,a}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet zraka = 1,005 kJ/kgK
$c_{p,g}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet glikol etilena = 3,856 kJ/kgK
$c_{p,sw}$	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet morske vode = 3,850 kJ/kgK
$T_a$	°C	temperatura zraka (vanjska) = 35 °C
$T_{sl}$	°C	temperatura tekućeg leda = -2 °C
$T_g$	°C	temperatura glikol etilena = 5 °C
$h_g$	kJ/kg	entalpija glikol etilena = 7,34 kJ/kg
$t$	s	vrijeme = 6 h = 21600 s

S navedenim vrijednostima računato je toplinsko opterećenje sustava za 8 različitih masa morske vode. U Tablici 3 prikazane su dobivene vrijednosti uvrštavanjem ulaznih podataka u jednadžbu 2 te su iznosi pojedinih toplinskih opterećenja koje je na isparivaču potrebno odvoditi za proizvodnju leda kroz 6 sati. Rast potrebnog toplinskog opterećenja koje treba odvoditi i mase morske vode linearan je što je za očekivati budući da je i jednadžba takva. Ako bi se htjela proizvoditi ista količina leda sa slabijim strojem treba razmisliti o mogućnosti duže vremenske proizvodnje leda.

**Tablica 3. Toplinsko opterećenje sustava u ovisnosti o masi morske vode**

Masa (kg)	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Toplinsko opterećenje (kW)	4,61	6,14	7,68	9,22	10,75	12,29	13,82	15,36

Usporedivši rezultate iz Tablice 3 koji su dobiveni teoretskim proračunom i podacima iz Tablica 4 i 8 može se zaključiti kako teoretski proračun okvirno odgovara stvarnim podacima proizvođača gdje je ukupna snaga strojeva nešto viša zbog gubitaka u stvarnosti te pomoćnih strojeva koji u teoretski proračun nisu bili uključeni.

## 5. EKONOMSKA OCJENA PROJEKTA

Kako bi se prikazala isplativost postavljanja sustava za proizvodnju leda na ribarskim brodovima u cjelinama koje slijede opisat će se stvarni slučaj ugradnje sustava koji se u 90% slučajeva koristi na brodovima duljine od oko 15 metara za ulov sitne plave ribe, uglavnom srdela.

### 5.1. Izvedbe i usporedba različitih sustava



Slika 29. Uređaj za proizvodnju tekućeg leda TIP "S4" [21]

Uređaj prikazan na Slici 29 je modularan i kompaktan. Ugrađen je visokokvalitetan generator leda treće generacije izrađen od titana, te je u potpunosti otporan na koroziju. Svi generatori imaju CE-PED certifikat. Rashladni agregat je pogonjen Carrier poluhermetičkim kompresorom i uključuje inox pumpu mora s kompletnim cjevovodom od Aquatherm PVC cijevi, koje imaju atest za pitku vodu. U elektrouputniku je ugrađena Siemens tehnologija koristeći najnoviji "softstart" pretvarač za lagano upuštanje kompresora u rad, radi sprječavanja bilo kakvih udara na električnu brodsku mrežu.

Okvir uređaja se izrađuje u inox 316 materijalu. Koristi se ekološki rashladni medij, freon R404A. Konstrukcija je jednostavna, uređaj pouzdan i jednostavan za održavanje. Ekonomičan je i niske potrošnje [21].

Kao primjer dani su podaci o snazi uređaja u Tablici 4 od hrvatskog proizvođača DIVCOM za grubi odabir stroja za proizvodnju tekućeg leda prema Tablici 5.

**Tablica 4. Karakteristike uređaja različite snage [21]**

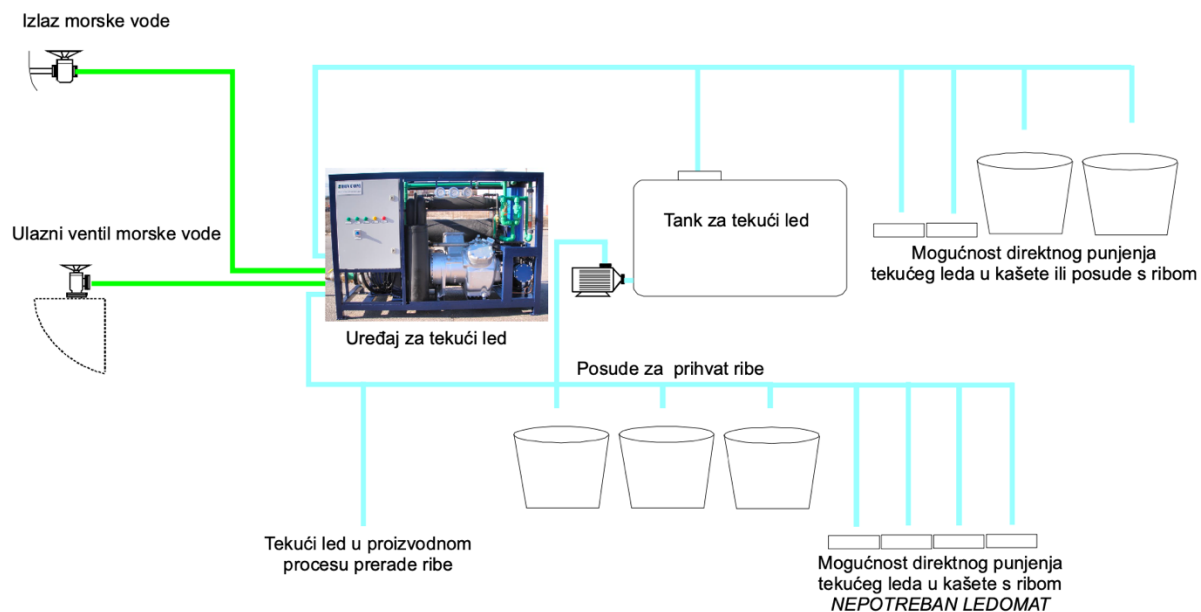
Tip	S1	S2	S3	S4	S8	S16	S24	S32	S40
Ukupna potrošnja (kW)	3	4,5	6,5	12	22	40	58	72	90
Dužina (cm)	80	100	110	115	126	-	-	-	-
Širina (cm)	58	58	58	58	58	-	-	-	-
Visina (cm)	80	80	90	110	150	-	-	-	-

**Tablica 5. Odabir uređaja prema veličini ribarice [21]**

Veličina ribarice	Preporučeni uređaj
30-40 m	S16-S20-S24
20-30 m	S8-S12-S16
15-20 m	S3-S4
10-15 m	S2-S3
<10 m	S1-S2

Ovakvi uređaji imaju trojaku funkciju odnosno mogućnost proizvodnje tri proizvoda:

1. suhi morski led gustoće preko 90%,
2. tekući morski led gustoće od 10-90% temperature od -3,7 °C do -1,6 °C,
3. hladnu morsku vodu temperature do -1,5 °C.



Slika 30. Shema sustava [21]

Na Slici 30 je prikazana shema uređaja gdje su cijevima spojeni ventili za ulaz i izlaz morske vode na uređaj za tekući led iz kojega se tekući led kompresorom goni na željeno mjesto kao što je tank za tekući led poput onog na Slici 31, posude za prihvata ribe kao na Slici 32, kašeta ili gdje god je u trenutku potrebno led dostaviti.



Slika 31. Posuda za miješanje tekućeg leda [21]





**Slika 32. Direktno punjenje tekućim ledom u posude s ribom [21]**

Prvi uređaj za tekući led S4 hrvatske proizvodnje instaliran je na ribarskom brodu Knežak prikazanom na Slici 33 u Sutomiščici koji se i dalje koristi.



**Slika 33. Ribarski brod Knežak [21]**

Instalacija sustava se izvodi u dvije varijante. U prvoj on dolazi već složenu željeznom kavezu kao na Slici 34 i 35 koji se pričvršćuje na brod te je tako pogodnije i lakše instalirati manje sustave gdje su potrebe dostatne, a u drugoj varijanti sustav se u dijelovima unosi na brod te se spaja direktno na konstrukciju broda kao na Slici 36. Ako postoji mogućnost da se sustav donese složen takva varijanta je jeftinija jer se smanjuju troškovi puta i radnika (noćenja, hrana, dnevnice...).



**Slika 34. Kavezna izvedba sustava za proizvodnju leda u radionici [21]**



**Slika 35. Kavezna izvedba sustava za proizvodnju leda montirana u strojarnicu broda [21]**



**Slika 36. Sustav složen iz dijelova na brodu [21]**

Prilikom odabira stroja u obzir je potrebno uzeti količinu ulova te željenu brzinu i medij rashlade. Tako je u Tablici 7 prikaz potrebne količine rashladnih medija i stvarnih vrijednosti za 3 uređaja različite snage odnosno njima potrebno vrijeme za rashlađivanje 8000 kilograma inćuna.

**Tablica 6. Rashladni medij za 8000 kg ribe [21]**

Vrsta rashladnog medija	Potrebna količina medija
Morska voda 0 °C	120000 litara
Tekući led 10%	12000 litara
Tekući led 20%	6000 litara
Tekući led 40%	3158 litara

Mjerenjem na stvarnom sustavu pokazalo se da za 8000 kilograma ribe pri temperaturi mora 15 °C potrebno je odvesti 112.800 kcal odnosno 132 kW uređaju S4 sa 3158 litara tekućega leda potrebno je 8 sati [21].

Također, u Tablici 8 prikazani su teoretski dnevni kapaciteti proizvodnje tekućeg leda različitih gustoća u tonama kroz 24 sata uz pomoć čega se isto može napraviti grubi odabir stroja.

**Tablica 7. Količina tekućeg leda u tonama na dan za različite gustoće leda [21]**

Tip Led	S1	S2	S3	S4	2 xS4	4 xS4	6 xS4	8 xS4	10 xS4
20%	4,5	10,1	15,7	20,2	40,4	80,8	121,2	161,6	202
30%	3,1	7	10,9	14	28	56	84	112	140
40%	2,4	5,4	8,3	10,7	21,4	42,8	64,2	85,6	107
50%	1,9	4,3	6,7	8,7	17,4	34,8	52,2	69,6	87
90%	1	2,3	3,5	4,5	9	18	27	36	45

## 5.2. Troškovi i isplativost ugradnje sustava

Ribarstvo kao industrija ima visoke ulazne troškove poput kupovine broda, alata i opreme pa se tako i sami vlasnici ribarica teže odlučuju za bilo kakav daljnji vid investicije. Međutim, preko 90% vlasnika koji su se odlučili za ugradnju stroja učinilo je to uz pomoć sredstava iz fondova EU.

Stopa javnih potpora ovisi o dodanoj vrijednosti ulaganja. Projekti s visokom zajedničkom dodanom vrijednošću (EU ih je definirala kao: inovacije, zajednički korisnici, javni pristup rezultatima,...) mogu primiti potpore u iznosu do 100 % troškova, dok ta stopa za određene pojedinačne subvencije povezane s flotom iznosi najviše 40 %. [21]

Svaka ribarica za šokiranje ribe ima dva načina dobave leda:

### 1. Kupovina gotovog leda

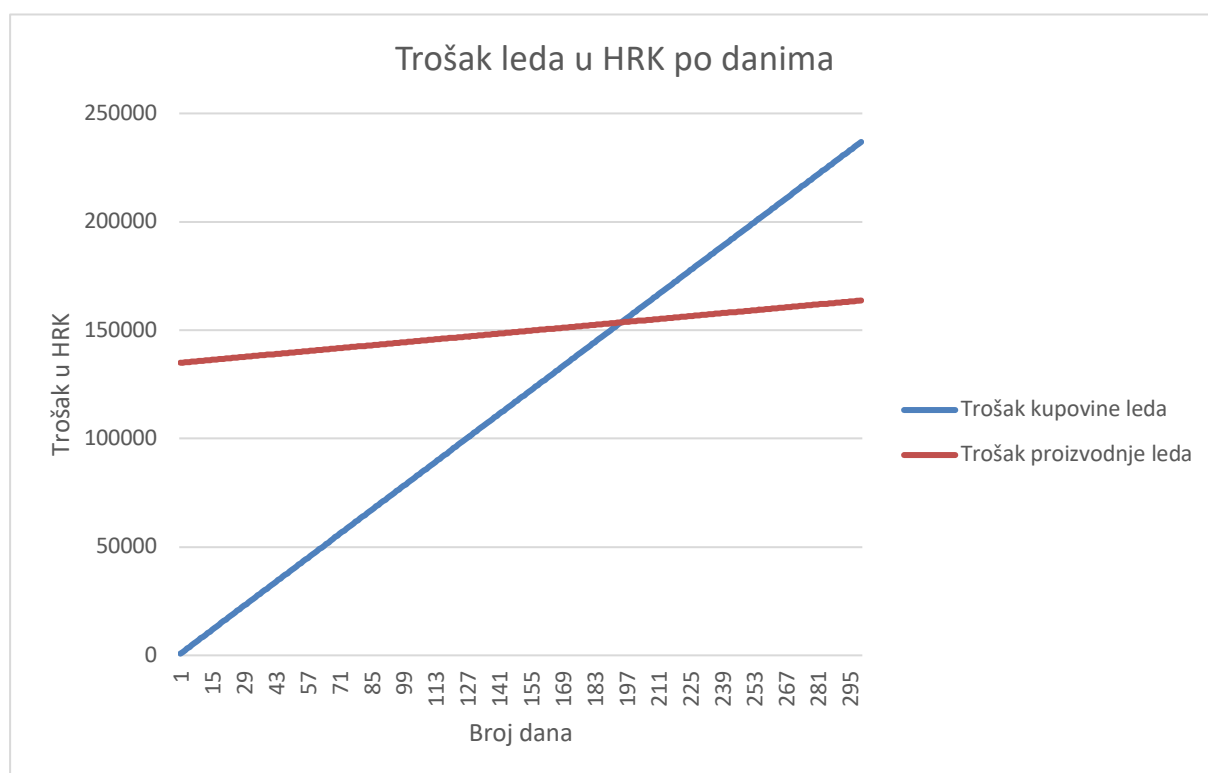
Prilikom redovite kupovine većih količina leda od industrijskih proizvođača njegova cijena se kreće oko 0,25 HRK po kilogramu [21]. Množeći ju s 3158 kilograma leda potrebnim za 8000 kilograma ulova dobivamo dnevni trošak od 789,5 HRK.

### 2. Proizvodnja vlastitog leda

Ugradnja sustava za proizvodnju leda S4 s popratnim troškovima ugradnje iznosi 225.000 HRK te se uz subvenciju od 40% od EU budžet ribarice jednokratno opterećuje s potraživanjem od 135.000 HRK. Nakon početnog troška potrebno je pribrojiti dnevni trošak rada stroja. Trenutna

uprosječna cijena kilovata struje je 1 kn/kWh [21], a budući da je potrošnja stroja 12 kW po satu te kroz 8 sati stroj stvori trošak od 96 HRK dnevno.

Iako grub ekonomski proračun gdje u obzir nije uzeta varijacija cijene, dnevne temperaturne razlike i potrebe,... dovoljno revno prikazuje koliko je potrebno da bi se takva investicija isplatila. Na Slici 37 se vidi kako je potrebno 197 dana rada stroja po 8 sati dnevno te nakon toga njegovo posjedovanje postaje „isplativo“. Također, budući da se lovostaj na inčune objavljuje lovostaj dva puta godišnje po mjesec dana prikazano je 300 dana troškova leda.



Slika 37. Prikaz razlike troškova

## 6. ZAKLJUČAK

Za postizanje konkurentnosti na tržištu potrebno je proizvod isporučiti u najkvalitetnijem mogućem stanju tako je i za ulovljenu ribu bitno da bude što svježija i kvalitetnija. Pokazalo se da je leđenje ribe najbolja metoda za očuvanje svježine te se sada primjenjuje u svim hrvatskim ribaricama.

Uz više mogućih metoda šokiranja ribe s više vrsta leda najučestalije je korištenje tekućeg leda budući da je površina izmjene najveća te je niska opasnost da fizički ošteti ribu. Tekući led trenutno je najbolji odabir za ribarstvo od svih komercijalno dostupnih vrsta leda. Kako bi se takav sustav proizvodnje smjestio potrebno je osigurati prostorne i energetske kapacitete na brodu. Uz razmjerno točnu pretpostavku količine ulovljene ribe te omjera u kojem se pokriva s ledom može se kao što je prikazano u proračunu izračunati potrebna snaga sustava te se odabrati njegovi dijelovi.

Proizvodnja leda na brodu omogućuje ribarima isporuku vrhunskog proizvoda, smanjuje logističke probleme, dozvoljava da se led proizvede po potrebi u stvarnom vremenu te se samim time izbjegava staranje nepotrebnih zaliha koje se kasnije bacaju.

U radu je obrađena podjela ribarskih brodova, njihovih mreža, na koji način i za koji ulov se koriste. Prikazano je vrednovanje kvalitete ulova te vrste i količine leda koje se za njega koriste. Uspoređene su vrste leda, njihove prednosti i mane, sustavi proizvodnje te je za tekući led prikazano idejno rješenje i stvarna implementacija uz primjer stroja i prateće troškove. Zaključeno je da je ugradnja sustava za proizvodnju tekućeg leda na ribarske brodove ekonomski isplativija od kupovine gotovog krutog leda te osim ekonomske uštede donosi mogućnost povećanja ili smanjenja proizvodnje leda po potrebi, isporuku proizvoda krajnjem kupcu veće kvalitete, ali za ribare bitnije i više cijene. Za daljnje unaprjeđenje ribarstva u Hrvatskoj potrebno je implementirati još više sustava za proizvodnju leda, educirati ribare o njegovim prednostima te krajnjeg kupca o načinima vrednovanja ribe kako bi i on istu bio spreman više platiti čime će i ribari imati povećanje financijskih prihoda.

## LITERATURA

- [1] V. Šimat, „O kvaliteti i sigurnosti ribe Hrvatske“, *Riba Hrvatske*, 11. siječanj 2018. <https://www.ribahrvatske.hr/o-kvaliteti-i-sigurnosti-ribe-hrvatske/> (pristupljeno 05. listopada 2022.).
- [2] H. Huss, Ur., *Quality and quality changes in fresh fish*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995.
- [3] V. Šimat i I. G. Mekinić, „Advances in Chilling“, u *Innovative Technologies in Seafood Processing*, 1. izd., Y. Özoğul, Ur. CRC Press, 2019, str. 1–25. doi: 10.1201/9780429327551-1.
- [4] M. Shawyer i A. F. Medina Pizzali, *The use of ice on small fishing vessels*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003.
- [5] „Svježa riba“, *SPAR.hr*. <https://www.spar.hr/istaknuto/interspar-ribarnica> (pristupljeno 05. listopada 2022.).
- [6] G. Comi i ostali, *Karakterizacija svojstava svježe morske ribe iz uzgoja*. Hrvatski veterinarski institut, 2021. [Na internetu]. Dostupno na: [https://www.bib.irb.hr/1147546/download/1147546.Characterization\\_of\\_the\\_characteristics\\_of\\_fresh\\_farmed\\_fish\\_-\\_HR.pdf](https://www.bib.irb.hr/1147546/download/1147546.Characterization_of_the_characteristics_of_fresh_farmed_fish_-_HR.pdf)
- [7] N. Gökoğlu i P. Yerlikaya, *Seafood Chilling, Refrigeration and Freezing: Science and Technology*. Chichester, UK Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015.
- [8] „Training Manual on Improved Fish Handling and Preservation Techniques“. Pristupljeno: 06. listopada 2022. [Na internetu]. Dostupno na: [https://europa.eu/capacity4dev/file/79665/download?token=An8I2iR\\_](https://europa.eu/capacity4dev/file/79665/download?token=An8I2iR_)
- [9] „Stiropor i ambalaža“, *eistra.info*. <https://www.eistra.info/stiropor-ambalaza/> (pristupljeno 08. listopada 2022.).
- [10] Z. Jecić, Ur., *Hrvatska tehnička enciklopedija - prvi svezak*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2018.
- [11] A. Draščić, „Sezonska dinamika ulova mrežama stajaćicama uz obalu Istre“, 2018. [Na internetu]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:822534>
- [12] „Pravilnik o obavljanju gospodarskog ribolova na moru mrežama stajaćicama, klopkastim, udičarskim i probodnim ribolovnim alatima te posebnim načinima ribolova“. Ministarstvo poljoprivrede, 2015. [Na internetu]. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_07\\_84\\_1640.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_07_84_1640.html)

- [13] A. Tomljenović i K. Rusak, „Ribarske mreže - vrste, značajke i karakterizacija“, *Tekstil*, sv. 63, izd. 5–6, str. 179–194, 2014.
- [14] „Purse Seine Nets, Fish Finding Equipment, Fishing Gear & Trawls“, *Dan Sea*. <http://dan-sea.com/> (pristupljeno 20. listopada 2022.).
- [15] „Pravilnik o ribolovnim alatima i opremi za gospodarski ribolov na moru“. [15] Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, 2006.
- [16] „Štapovi za lov bijele ribe iz barke“, *Na udici*. <https://naudici.com/stapovi-za-lov-bijele-ribe-iz-barke/> (pristupljeno 22. listopada 2022.).
- [17] „Shipping | water transportation“, *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/shipping-water-transportation> (pristupljeno 22. listopada 2022.).
- [18] „Prodaja i logistika“, *Cromaris*. <https://cromaris.com/hr/klijenti/prodaja-i-logistika/> (pristupljeno 22. listopada 2022.).
- [19] „Ikan Sarden“, *Talents of Suarise*. <http://talents.suarise.com/tag/ikan-sarden/> (pristupljeno 22. listopada 2022.).
- [20] „Ice Slurry - an overview | ScienceDirect Topics“, *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/ice-slurry> (pristupljeno 22. listopada 2022.).
- [21] „Tekući led“, *DIVCOM*. <https://divcom.com.hr/tekuci-led/> (pristupljeno 10. studeni 2022.).
- [22] F. Ashfi Rayhan i A. S. Pamitran, „Performance of Ice Slurry Generator with Mechanical Scraper using R-22 and R-290“, *IJTech*, sv. 8, izd. 7, str. 1191, pros. 2017, doi: 10.14716/ijtech.v8i7.686.
- [23] D. Smoljan, *Podloge za predavanja iz kolegija Termotehnika*. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2022.
- [24] „Flake Ice and Ice Machines“, *Tamutom Ice Machines*. <https://www.tamutom.com/post/flake-ice-and-ice-machines> (pristupljeno 15. studeni 2022.).
- [25] „Industrial and commercial flake ice machine“, *Fahrentec tailor made ice machine*. <https://www.fahrentec.com/flake-ice-machine> (pristupljeno 15. studeni 2022.).
- [26] „The manufacture of ice“, *FAO*. <https://www.fao.org/3/y5013e/y5013e05.htm> (pristupljeno 15. studeni 2022.).



- [27] „Ledomat Icematic F160C“, *Promac*. <https://www.promac.hr/ledomat-icematic-f160c-p151> (pristupljeno 15. studeni 2022.).
- [28] C. Piñeiro, J. Barros-Velázquez, i S. P. Aubourg, „Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: a comparative review versus flake-ice chilling methods“, *Trends in Food Science & Technology*, sv. 15, izd. 12, str. 575–582, pros. 2004, doi: 10.1016/j.tifs.2004.09.005.
- [29] B. Kilinc, S. Cakli, A. Cadun, T. Dincer, i S. Tolasa, „Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4°C“, *Food Chemistry*, sv. 104, izd. 4, str. 1611–1617, 2007, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.03.002.
- [30] „CBFI BF5000 5 Tons Per Day Containerized Ice Flake Making Machine“, *Ice source group*. <https://www.icesourcegroup.com/cbfi-first-rate-ice-flaker-machine-suppliers-ice-for-ice-making> (pristupljeno 15. studeni 2022.).
- [31] A. Baheramsyah, B. Cahyono, i F. S. Aruan, „Slurry Ice as a Cooling System on 30 GT Fishing Vessel“, *IJMEIR*, sv. 1, izd. 3, lip. 2017, doi: 10.12962/j25481479.v1i3.2005.

## **PRILOZI**

I. CD-R disk