

Sluttrapport 901791

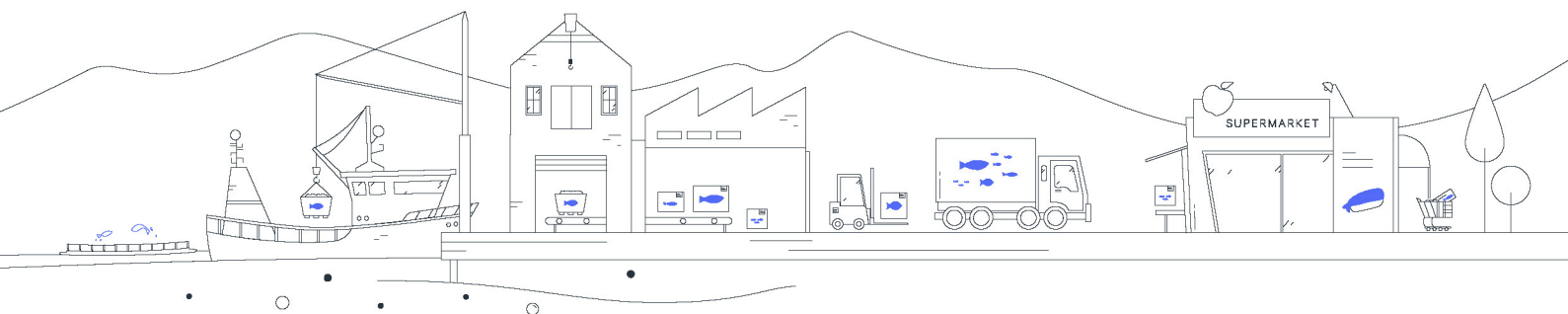
Merke- og sporingsteknologi for kongekrabbe

Utarbeidet av

Svein Ruud, Roman Vasilyev; Norway King Crab

Håvard Dagenborg, Jon Foss Mikalsen, Markus Hilbertsen; Orca Labs

Oddvar Husby, Maritech



1. Innholdsfortegnelse

1. Innholdsfortegnelse.....	2
2. Sammendrag	3
3. Innledning	3
4. Organisering	4
5. Problemstilling og formål	5
6. Prosjektgjennomføring	7
7. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	8
7.1. Evaluering av merke- og sporingsteknologi.....	9
7.1.1. Utstedelse av merker	13
7.2. Datahåndtering av sporingsinformasjon	13
7.2.1. Konfidensialitet	14
7.2.2. Endringsresistens (immutabilitet)	14
7.2.3. Sentralisert vs. desentralisert modell	15
7.2.4. Datastrukturer for sporingsdata.....	15
7.2.5. Løsningsarkitektur med Database Ledger.....	16
7.2.6. Mottak av sporingsdata.....	17
7.2.7. Bruk av sporingsdata	19
7.2.8. Ytelse og kostnad	20
7.3. Programvareløsning for ende- til ende-sporing	21
7.3.1. Prosess.....	21
7.3.2. Forslag til teknisk løsning for levende krabbe.....	22
7.3.3. Forslag til prosess for clusters	24
7.3.4. Tidspunkt for merking	25
7.3.5. Omfang av merking.....	26
7.4. Diskusjon og konklusjon.....	26
8. Hovedfunn	27
9. Leveranser.....	27

2. Sammendrag

Det er i sjømatnæringen en stor risiko for omgåelse av gjeldende krav til korrekt registrering av ressursuttaket og andre reguleringer. Dette gjør seg særlig gjeldende for kongekrabbe på grunn av høye priser. Derfor er det behov for å vurdere en rekke tiltak for å redusere denne risikoen, blant annet krav om merking av kongekrabbe. Krav til merking, herunder krav til individmerking samt merking av bearbejdede produkter vil kunne redusere risikoen for manglende etterlevelse og i større grad kunne medføre like konkurransevilkår i fiskerinæringen, samt bidra til dokumentasjon på bærekraft og lovlighet gjennom verdikjeden ved at mulighetsrommet for å ta inn uregistrerte fangster i verdikjeden reduseres.

Formål med dette prosjektet er å utvikle og teste merke- og sporingsteknologi for kongekrabbe hvor relevante data kobles til seddel. Dette inkluderer delmålene

- Evaluering av merke- og sporingsteknologi
- Forslag til arkitektur og rammeverk for datahåndtering av sporingsinformasjon
- Prototype for programvareløsning for ende- til ende-sporing av kongekrabbe

Prosjektet har gjort fysiske tester i felt for å evaluere ulike merketeknologier, og har utviklet en metodikk og prototype for å hente ut, strukturere og lagre sporingsdata fra relevante forretningsystem.

Hovedfunnene i prosjektet er som følger

- Merking med t-bars er betydelig mindre ressurskrevende enn andre kjente merkemetoder. Det er foreløpig uavklart om metoden tilfredsstiller krav til dyrevelferd, men dette er under vurdering i FHF-prosjekt 901885 Dyrevelferd og hygiene ved merking og levendelagring av kongekrabbe og snøkrabbe. QR-koden på merkene bør utstedes av en sentral aktør for å sikre at merkingen er verifiserbar og unik.
- For lagring av sporingsdata vil en federert relasjonsdatabase være en mer kostnadseffektiv løsning enn en privat blokkjede, og tilfredsstiller samtidig krav til sikkerhet og endringsresistens.
- Prosjektet mener at det er mest hensiktsmessig å merke alle krabber (også hunnkrabber) etter initiell sortering. Krabber til destruksjon registreres i batch, mens tomme krabber ideelt sett bør returneres til havet, dvs. at de ikke merkes og avhendes.
- For å sikre god sporing av levende krabber må hver krabbe som et minimum kobles til en sluttseddel og en salgsordre. Registrerte data må sendes automatisk til sporingsdatabasen.
- For sporing av clusters er en mulig løsning at alle krabber merkes ved landing og skannes inn på en produksjon. Dette gir mulighet for sporing på batchnivå, som gir en viss grad av ressurskontroll innenfor usikkerhet i utbyttegrad.

3. Innledning

Det er betydelig risiko for omgåelse av gjeldende regulatoriske krav til korrekt registrering av ressursuttaket og andre reguleringer i forbindelse med fangst av kongekrabbe. NOU 21:19 foreslår en rekke tiltak som baserer seg på digitalisering og digital transformasjon for fremtidens fiskerikontroll, og dette prosjektet baserer seg på en rekke av de anbefalinger utvalget foreslår. Det er viktig å eksekvere på noen av de banebrytende konseptene i NOU 21:19 ved å bygge en første konkret ende-ende prototype i et fiskeridomene for å høste nyttig

erfaring, løse de tekniske og logistikkmessige problemene innen domenet samt metodisk evaluere de ulike alternativene til løsning. Målet er at våre erfaringer og prototypen skal kunne utvikles mot og anvendes bredt innen fiskerisektoren fremtiden.

Kongekrabbedomenet er et meget godt første domene i denne konteksten; omsetningsverdien av kongekrabbe er relativt meget høy, landing av fangst foregår i et avgrenset geografisk område, det er mulig å unikt identifisere og spore krabber eller prosessert produkt på individnivå (eller del av individ), og fangsten har høyt internasjonalt eksportpotensiale. Det er dokumentert betydelig ulovlig aktivitet knyttet til fangst og omsetning av krabber. Behovet for en pålitelig og sikker ende-ende sporbarhet er derfor stort, både for kontrollaktører samt kvalitets- og miljøbevisste kjøpsledd/forbrukere.

Konsortiet i dette prosjektet har betydelig relevant erfaring og komplementær kompetanse. De tre samarbeidspartnere er bevisst samlet for å utfylle hverandre i gjennomføringen av et kvalitetsmessig og faglig relevant prosjekt innenfor denne utlysningen. Konsortiet inkluderer en ledende sjømatbedrift i kongekrabbedomenet, en sentral industriaktør innen logistikk og tekniske løsninger rundt fiskeridistribusjon samt en FoU-basert digital ekspertbedrift innen datahåndtering og avansert analyse (maskinlæring). Vi har som klar målsetning å felles utvikle og evaluere en robust og sikker prototype av et system for merking, sporing og kontroll av kongekrabbe fra alle ledd gjennom fangst til omsetning. Som ledd i dannelsen av dette konsortiet, er vårt mål å industrialisere og operasjonalisere prosjektets resultater i en umiddelbar oppfølgingsfase.

Utlysningen viser til at Fiskeridirektoratet og Justervesenet har foreslått krav om bruk av automatiske vekter og veiesystemer i fiskerinæringen ved landing av villlevende marine ressurser. Dette vil medføre endringer i landingsforskriften, ny forskrift om vekter og automatiske veiesystemer, samt endringer i instrumentspesifikke forskrifter. Vårt forslag til prosjekt tar derfor hensyn til en slik forventet utvikling.

Sentralt i dette prosjektet vil være en evaluering av samtlige relevante teknologier som denne utlysningen berører. Av vesentlig betydning er at utlysningen nå er rettet mot skaldyrsektoren med fokus på kongekrabbe, men der vi ønsker å utvikle en løsning som er fleksibel og utvidbar i ettertid tilpasset f.eks. annen type sjømat, volum, pakking, prosessering, produkt og distribusjonskanal. Vi vil derfor ikke begrense oss til å utvikle og evaluere kun en type teknologi som f.eks. en privat blokk-kjede løsning, men en prototype som metodisk inkluderer og evaluerer de ulike alternativene i utlysningen der vi samtidig hensyntar plausible framtidsscenarier for ressurskontroll av sjømatnæringen.

4. Organisering

Norway King Crab AS, sjømatbedrift (NKC). NKC ble etablert i 2007 og er i dag markedsleder på fangst og levering av levende kongekrabbe året rundt til det absolutte øvre sjikt av kunder verden over. Firmaet har to fabrikker for mottak, pakking og lagring i Finnmark samt et tankanlegg for mellomlagring i nærheten av Gardermoen, Oslo Lufthavn. NKC samarbeider tett med fangstleddet i Øst-Finnmark for å skape en regularitet på kvalitetsmessig fangst og levering gjennom hele året. Firmaet har allerede etablert et relevant rammeverk i dagens marked med bruk av unik identifiserbar QR-merking av kongekrabber som høstes og distribueres. Denne QR-sporing kan fremskaffe individuell informasjon om produktet til aktører i distribusjonsleddet eller direkte til gjester på eliterestauranter ute i verden.

Maritech Systems AS, digital teknologi for sjømatprosesser og logistikk (Maritech). I mer enn 40 år har Maritech vært en ledende leverandør av programvareløsninger til den norske

sjømatindustrien, og 70 % av all sjømat fra Norge behandles gjennom Maritech sine systemer. Mange av verdens største aktører innen oppdrett og fiskeri er på kundelisten. Maritechs løsninger sørger for kontroll, sporing og digitalisering gjennom hele verdikjeden. I tillegg bruker mange av Norges ledende logistikselskaper Maritechs løsninger for transport, logistikk og fortolling. Maritech har over 120 ansatte med dyp kompetanse innenfor sjømat, logistikk og dataanalyse og er et av Midt-Norges største programvareselskaper.

Orca Labs AS, Tromsø, digital teknologi (Orca). Firmaet har sitt opphav i tverrfaglig, internasjonal forskning på UiT, UiB, og SimulaMet (Oslo) med fokus på informatikk, anvendt matematikk/maskinlæring og rettsvitenskap. Tre professorer (Håvard Dagenborg, Pål Halvorsen, Dag Johansen) i denne forskningsgruppen var med å starte Orca i 2018. Vanskelige tekniske problemer som NOU 21:19 løfter frem som mulig løsning på ressurskontroll i fiskeriene har hovedfokus, og Orca har utviklet og satt i produksjon for kunde avanserte distribuerte løsninger rundt digital compliance. Orca har også under utvikling for kunde en sky-basert plattform og multimedia database for federering av fiskerirelaterte data (fra Barentswatch, Råfisklaget, Fiskeridirektoratet m.fl.) som både visualiserer data samt utfører sanntidsanalyser basert på maskinlæringsalgoritmer.

5. Problemstilling og formål

Prosjektets hovedmål er å utvikle og evaluere en komplett og konfigurerbar ende-ende prototype for pålitelig, enkel og sikker merking og sporing av kongekrabbe fra den (1) høstes, (2) leveres landingsanlegg, (3) oppbevares og/eller foredles og (4) transporteres til mottaker/kjøper.

Mulighetsstudien som kartlegger løsninger for merking og senere sporing av kongekrabbe som omsettes i Norge drøfter de ulike kriteriene for festeanordning og merking samt hvilke utfordringer teknologien må tåle. Som merketeknologi ble det anbefalt QR-kode i kombinasjon med manuelt lesbare ID-nummer, og bruken av RFID/NFC som ID-teknologi fikk også høy score. Vi vil ta utgangspunkt i rapportens anbefaling og et delmål er å metodisk og grundig teste ut sporingsteknologi med strips og klistremerker som festeanordning som et av våre delmål.

Utlysningen er klar på at bruk av t-bar som festeanordning ikke ble anbefalt av Mattilsynet som følge av hensyn til dyrevelferd, og det bemerkes at teknologien også kan føre til skade på krabbekjøttet. NKC har i flere år vurdert de enkelte sporingsteknologier i praksis og konkluderte med å foretrekke og operasjonalisere t-bar for sikker og robust sporing av levende kongekrabbe. NKC har erfaringer med t-bar og synspunkter spesielt rundt eventuell skade på produktet, noe som blir fulgt opp i dialog med Mattilsynet. Et mulig utfall av en slik dialog kan være at t-bar teknologi også bør prøves ut videre i denne prosjektfasen.

Interoperabilitet og standardisering er nøkkelord i vårt forslag til løsning. Vi har etablert kontakt med GS1 Norway for å sikre at prosjektet følger etablerte GS1 standarder (GTIN for å identifisere enkeltprodukt, SSCC for forsendelser, GLN for lokasjoner og juridiske enheter).

Utlysningen ønsker at prosjektet beskriver forslag til en database som utgangspunkt for kobling av merket til seddel og sporing. Vårt andre delmål er langt mer ambisiøst; vi skal selvsagt beskrive en slik database, men samtidig utvikle og evaluere en konkret prototype av en database som planlegges videreutviklet i ettertid som et industriprodukt.

I tillegg anser vi de overordnede problemstillinger NOU 21:19 reiser som retningsgivende for en slik løsning, noe som medfører at vi allerede nå i denne prototypen skal designe og tilrettelegg for en løsning som er fleksibel og konfigurerbar for fremtidig bruksmønster og ulike

kontrollregimer (som f.eks. proaktiv algoritmisk kontroll).

Vesentlig i kravspesifikasjon i denne utlysning er at data ikke skal kunne endres eller slettes. Bruk av privat blokk-kjedeteknologi ble foreslått for å sikre at data ikke kan endres, anonymitet kan garanteres og systemet ikke blir avhengig av en sentral aktør man må ha tillit til.

Vi er selvsagt enig med utlysningens krav om at data ikke skal kunne endres eller slettes, men det finnes alternativer til en blokkjede-løsning som har alle de ønskede egenskaper og samtidig er vesentlig mer kostnadseffektive. Nøkkelord er bruk av det som på fagspråket kalles en ikke-endringsbar (eng. «immutable») database. Dette er en mer tradisjonell løsning som kan bygges i f.eks. en skyløsning rundt Microsoft Azure slik at disse data garantert lagres i Norge (Microsoft har to offentlige datasentre her i landet, noe som med utvidelser i fremtiden kan bli relevant i et GDPR perspektiv da privat-sensitive data lagres nasjonalt).

Vi må også anmerke at faglig sett medfører en løsning basert på blokkjede-teknologi problemstillinger som PwC-rapporten muligens ikke belyser tilstrekkelig. En blokkjede-løsning er f.eks. ikke garantert tilgjengelig og oppdatert i sanntid, løsningen kan være kostbar og ineffektiv, integrasjon med andre datakilder og sanntids analyse er ikke del av arkitekturen og kompleksiteten er ofte ikke-neglisjerbar selv for erfarne IT-utviklere.

Denne type teknologi er derfor ikke vårt klare førstevalg for en mulig videre funksjonell utvikling med integrering av andre datakilder som skal kunne analyseres i sanntid. Her ser vi allerede potensialet for en videreutvikling i tråd med NOU 21:19 og en mer skalerbar og IT-støttet ressurskontroll; vårt utgangspunkt er at en skalerbar løsning må støttes av flere datakilder og algoritmisk analyse kontinuerlig 24/7 som detekterer mulige avvik og mistenkelig aktivitet i det federerte datagrunnlaget. Her vil en mer sentralisert teknisk løsning i f.eks. en offentlig sky-basert lagringsløsning med en ikke-endringsbar database være noe vi prefererer.

Vi vil også anmerke at anonymitet er et vesentlig aspekt med blokkjede-teknologi, men anonymitet er trolig ikke et naturlig behov i et kontrollperspektiv. En annen egenskap med denne type teknologi er distribuert kontroll der man ikke er avhengig av tillit til en sentral aktør. Vi antar dog at man bør forvente at de enkelte aktører i fiskeribransjen har tillit til offentlige kontrollmyndigheter og ikke trenger et totalt distribuert system designet for aktører som ikke har tillit til hverandre (eller kontrollmyndighetene).

Maritech laget i 1976 den første løsningen på markedet for landing av fisk med sluttseddel. Denne løsningen er videreutviklet frem til i dag, og prosessen er på mange måter lik det den var fra starten. Fangst-, landings- og sluttsedlene er fortsatt kjernedokumentene i omsetning og forvaltningen av kongekrabbe. NOU 21:19 er rimelig klar på at dagens system ikke er tilstrekkelig for korrekt ressurskontroll da det baserer seg på tillit hos aktørene og korrekt manuell registrering. En rekke lovbrudd kan finne sted før selve fangsten ender opp i en kontrollerbar sporingsmekanisme. Et slikt problem kan være rapportering av fangst utenfor 12-mils grensen der det er kvotefritak, selv om den ble høstet innenfor. Et annen er at kvoter fra flere fartøy samles og høstes av kun et av disse. Et tredje er at krabbe registreres som skadet selv om det ikke er tilfelle for å fylle på en ekstra restkvote for skadet fangst. Et fjerde og alvorlig er uregistrert fangst og svart omsetning. Listen er lengre.

Vårt viktigste ankepunkt mot bruk av blokk-kjedeteknologi er derfor at den ikke er tilstrekkelig som mekanisme for å sikre pålitelig og presis kontroll med ressursuttaket. Selve teknologien sikrer at data som produseres ikke endres, men det fundamentale problemet som ikke løses er knyttet til dataene som produseres før de sendes inn i en blokk-kjede. Blokk-kjeden er som et rør, en kanal, mellom sender og mottaker (der flere aktører kan interagere underveis), men dersom dataene inn i denne kanalen ikke er korrekt, så er det som ender hos mottaker selvsagt ikke korrekt. Et banalt eksempel vil være at eldre kongekrabbe tagges som dagsfersk.

Dette er hovedgrunnen til at vi designer og bygger dagens løsning med tanke på fremtidige utvidelser som potensielt kan dokumentere og kvalitetssikre bedre de dataene som produseres før de ender opp i rapporteringssystemet. Vi vil allerede nå vil designe denne prototypen slik at den i fremtiden skal kunne integrere annen dokumentasjon som tidsstemplett bilde eller video av høsting og selve merkingen, gjerne kombinert med neste generasjon vekt-teknologi (der konsortiet ved Maritech allerede er involvert).

NOU 21:19 fremhever at dokumentasjonskrav som baseres på manuelle registrering gir vesentlig rom for å tilpasse rapportert fangst. Et delmål for oss er å prøve ut praktisk mulige løsninger og evaluere hvordan vi kan flytte merkingen av kongekrabbe lengst mulig ut i fangstleddet, helst på selve fartøyet. Vi erkjenner at dette er praktisk vanskelig med dagens fangstflåte med små fartøy, ofte betjent av en enkelt person.

Kort sammenfattet vil våre delmål med dette prosjektet være følgende

- Metodisk evaluere de ulike merketeknologiene som utlysningen berører ved konkret erfaring fra høsting til konsument.
- Tilpasse Maritechs salgs- og distribusjons-plattform slik at den kan levere en kontrollerbar ende-ende sporing av kongekrabbe fra høsting til konsument.
- Spesifisere, designe, spesialtilpasse og utvikle en konfigurerbar, skalerbar og sikker programvare prototype for datahåndtering tilpasse fundamentale krav i denne utlysningen, men som også tar hensyn til fremtidige potensielle anvendelser i fiskeribransjen i lys av NOU 21:19.
- En metodisk og objektiv faglig evaluering med en sluttrapport basert på en konkret implementasjon og praktisk bruk med kontrollert testing av konsortiets løsning.

6. Prosjektgjennomføring

Den som tildeles prosjektet/oppdraget organiserer team for gjennomføring av arbeidet. Arbeidet i prosjektgruppen ledes av prosjektleder. Prosjektleder og planlagt team opplyses om i prosjektbeskrivelsen.

Prosjektet blir gjennomført av en utførende prosjektgruppe representert ved konsortiets partnere NKC, Maritech og Orca. Arbeidet i prosjektgruppen har vært ledet av prosjektleder Christian Strømmen, Forretningsutvikler i Maritech, som har hatt det overordnede oppfølging- og rapporteringsansvar. Deltakere i utførende prosjektgruppe inkluderer de som leder delprosjekt fra de øvrige partnerne. For NKC er det forskningssjef Roman M. Vasilyev, for Orca er det sjefsforsker (chief scientist) Dr. Håvard Dagenborg. Sistnevnte er også professor i informatikk på UiT Norges Arktiske Universitet og forsker daglig på sentrale problemstillinger fra NOU 21:19 og ikke minst blokk-kjedeteknologi (med bl.a. Nofima som partner), og for Maritech Dr. Oddvar Husby som er direktør for Data Science i Maritech.

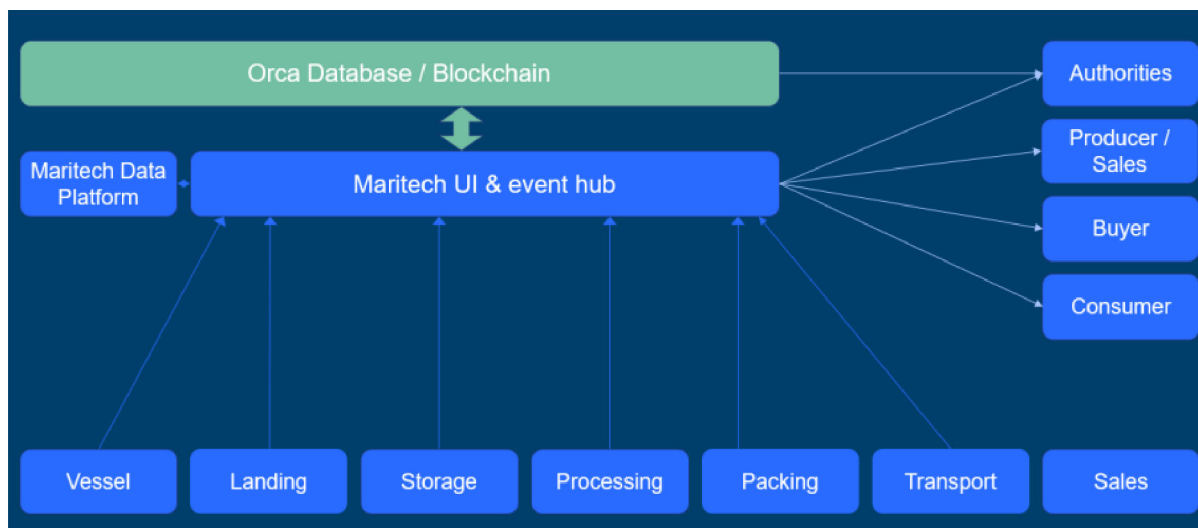
Prosjektet utarbeider i fellesskap en kravspesifikasjon i henhold til samtlige krav spesifisert i utlysningen. Partnerne er fysisk lokalisert i ulike deler av Norge med NKC i Oslo og Øst-Finnmark, Maritech i Molde og Orca i Tromsø, så underveis i prosjektet er det formålstjenlig at hver av partnerne har ansvar for hver sin deloppgave som kan utføres praktisk på en slik desentralisert måte. Ved fullføring integreres disse delløsningene.

Prosjektet deles derfor inn i følgende faser:

1. Utarbeide av felles kravspesifikasjon og utvikling av produksjonsunderlag.
2. Aktiviteter som utføres i parallell:
 - a. Utvikling og testing av ulike merketeknologier (NKC).

- b. Utvikling og testing av sporingskjeden fra kongekrabbe høstes til mottak (Maritech).
 - c. Utvikling, funksjonstesting og feilretting av prototype for datahåndtering (Orca).
3. Integrasjon og testing i fullskala av holistisk system med eventuell korreksjon og feilretting.
4. Produksjon av sluttrapport med erfaring og anbefalinger.
5. Formidling av erfaringer.

Figur 1 illustrerer den overordnede arkitektur for prototypen vi planlegger å utvikle.



Figur 1 Arkitektur for prototype

Vi tar ikke med detaljer fra den planlagte fase 2, men det helt klare målet for konsortiet er å videreutvikle og industrialisere prototypen som er utviklet i prosjektet. Den skal integreres i relevante aktiviteter og prosjekter hos både Maritech og Orca, og dette prosjektet vil også være et viktig og konkret rammeverk for å etablere et potensielt berikende fremtidig samarbeid mellom disse to teknologibedriftene i fiskeridomenet.

NKC benytter allerede Maritechs nåværende løsning for pakking, distribusjon og salg, så prosjektets resultat blir som oppfølging implementert direkte i næringsbedriften.

Vi vil ved behov involvere andre aktører underveis i prosjektperioden. Dette inkluderer f.eks. GS1 Norway i forbindelse med tilpassing til bransjestandarder samt Fiskeridirektoratet og Justervesenet. Vi kan også benytte ekspertise hos f.eks. Nofima, Økokrim, nærings- og fiskeridepartementet og juridiske ekspertmiljø (spesielt dagens nære forskningspartner i rettsvitenskap, professor Jon Petter Rui ved UiB).

Metodemessig tar prosjektet utgangspunkt i dokumentgrunnlaget (rapport PwC; FHF utlysning, NOU 21:19) og vil konkret utvikle og teste i praktiske forsøk de ulike teknologier som er foreslått. Vi vil metodisk samle empiriske data (tid å feste, festeevne, antall mistet under transport, etc.) samt brukserfaring og dokumentasjon fra en kontrollert studie der prototypen er anvendt.

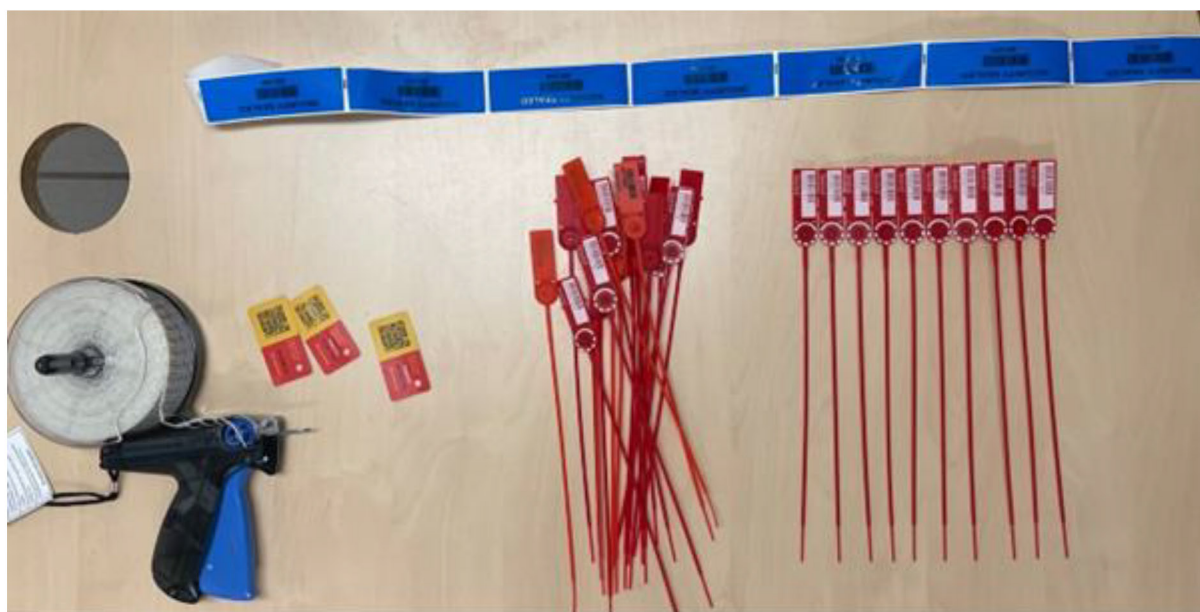
En sluttrapport fra prosjektet vil kunne understøtte utarbeidelsen av en fremtidig forskrift om obligatorisk individmerking av kongekrabbe og kongekrabbeprodukter.

7. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

7.1. Evaluering av merke- og springsteknologi

Prosjektet har vurdert ulike teknologier for merking av kongekrabbe, se Figur 2:

- **T-bar**
T-bar brukes i dag i produksjon hos Norway King Crab og er en enkel og effektiv måte å merke krabbe på. Metoden har vært i bruk i 10 år og har lite behov for videreutvikling. Den er invasiv og det må derfor diskuteres med veterinærer om fare grad for dyrevelferd.
- **Strips**
Strips er vanlig å bruke til plombering innen transportsektoren. Strips brukes også for merking av hummer i Norge. Det er non-invasiv metode, men tidkrevende og forbruker mye plast. En ulempe er at det vil være vanskelig å påføre QR kode og faren for at QR koden blir skrapet bort. Dette er ikke tilstrekkelig fleksibelt.
- **Klistermerker**
Denne metoden er lite funksjonelt fordi det er krevende å bruke lim i fuktig miljø på aktiv krabbe som har skarpt skall.



Figur 2 Merkemetoder evaluert i prosjektet

Arbeidsgruppen har hatt møter med leverandørene Seafood Branding CO og Identi As. Disse har presentert flere merkealternativer, og mulighet for automatisering av merkeprosesser med videre digitale muligheter har blitt diskutert.

Basert på en preliminær evaluering ble det besluttet å teste t-bar og strips i felt. Testen inkluderer merking av krabbe på anlegg i Finnmark med registrering av tidsforbruk for begge metoder med bilde og video verifisering. Det er også avtalt med leverandører som jobber videre for å undersøke merkemetoder som inkludert RFID eller andre type av merking med digital løsning.

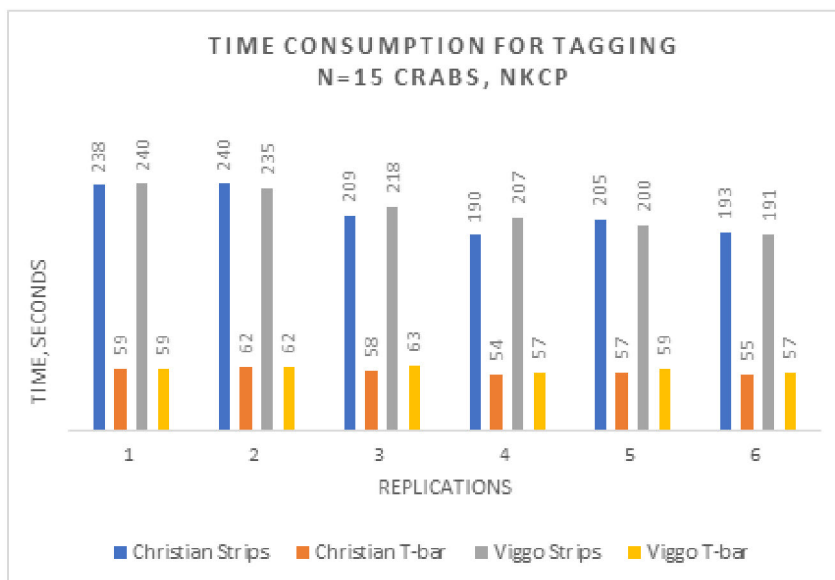
I perioden fra oktober til november 2022 har arbeidsgruppa gjennomført en rekke tester i Finnmark hos Norway King Crab Production i Bugøynes og Norway King Crab Trollbukt i Lebesby, se Figur 5. Det ble gjennomført to runder med tester på hvert anlegg. I hver runde ble det tagget 15 krabber i flere replikasjoner og tidsforbruket ble registrert. Både skytemetode med t-bar (1) og strips (2) ble vurdert. Observasjonene ble evaluert og med fokus på

metodenes gjennomsnittlige tidsforbruk per krabbe. Tilbakemelding fra ansatte ble samlet også vurdert, inkludert videointervjuer. Limemetode ble evaluert initielt, men det ble raskt konkludert at denne metoden er for upraktisk. Taggede krabbe ble levert til Norway King Crab Hub AS etter en ukes oppbevaring i Finnmark. Da var alle taggene var på plass, men noen riper ble observert på infofeltet på stripsene.

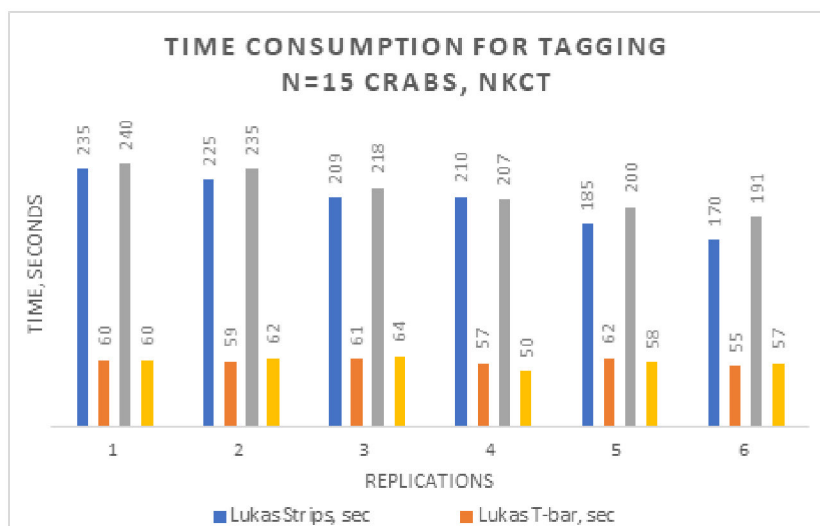
Analysen av tidsforbruk viser at for t-bar tagging bruker ansatte i snitt 3-5 sekunder per krabbe, mens for strips det tar 11-14 sekunder, se Tabell 1, Figur 3 og Figur 4. Med erfaring og trening brukes mindre tid på strips, men forskjellen er likevel 3-4 ganger mot t-bar.

Lokasjon	Tidsbruk per krabbe (sek)	
	Strips	T-bar
Bugøynes	12 – 14	3 – 5
Trollbukt	11 – 14	3 – 5

Tabell 1 Tidsforbruk for merkemetoder



Figur 3 Tidsbruk for tagging med strips og t-bar, NKC Production, Bugøynes



Figur 4 Tidsbruk for tagging med strips og t-bar NKC Trollbukt



Figur 5 Test av tagging med t-bar og strips

Med 13-års erfaring av innkjøp, sortering, mellomlagring og pakking av levende kongekrabbe kan Norway King Crab AS konkludere at t-bar skyting metoden som brukes i produksjonen i dag er den mest effektive måten å merke kongekrabbe på.

Fordeler:

- Enkelt og raskt, tidseffektivt.
- Minimalt behov for opplæring eller behov for fagkompetanse.
- Billig og kosteffektivt, krever lite utstyr, enkelt å sette i produksjon.
- Har over lengre tid blitt brukt i FoU for forskjellige arter.
- Metoden har utviklingspotensial med nåledybde-begrenser.

Ulemper:

- Metoden er invasiv og ikke bekreftet risiko grad for dyrevelferd.
- Ved mekanisk påvirkning ellers bakteriell aktivitet (nekrose) kan t-bar løsne fra krabbeskallet.
- Ekstra plastikkbruk.

7.1.1. Utstedelse av merker

For at sporingen skal være unik må merkingen være verifiserbar og unik. Dette forslås oppnådd ved at QR-kodene som skal brukes utstedes av en sentral aktør, enten myndighetene eller en privat tjenestetilbyder. Alle relevante aktører kan da bestille et sett med koder eller tags. Det foreslås at aktørene kan velge mellom å bruke en standardisert tag utstedt av f.eks. Norges Sjømatråd, eller egne tags.

Det kan være behov for at ulike aktører henter ut ulik informasjon fra QR-koden, f.eks. vil en inspektør fra fiskeridirektoratet kunne se mer data enn en konsument. Prosjektet har ikke tatt stilling til hvordan dette kan løses i praksis.

7.2. Datahåndtering av sporingsinformasjon

Utgangspunktet til denne delen av prosjektet var PwC-rapportens to forslag til teknologi for sporingssystem: relasjonsdatabaser og blokkjeder. Blokkjeder er ofte foreslått nettopp til bruk for sporing av konsumentprodukter, og ble fremsatt som det foretrekkende valget i PwC rapporten. Det er vår oppfatning at PwC sitt argument for dette er noe svakt. Selv om det stadig dukker opp nye løsninger som bruker blokkjeder til nettopp slike formål, er teknologien beheftet med en rekke grunnleggende utfordringer i forhold til effektivitet, kostnad, sikkerhet, og kompleksitet. Dette er nok noe av forklaringen til hvorfor slike løsninger ikke har hatt større gjennomslag enn det har hatt i næringen.

Relasjonsdatabaser er en moden og velutprøvd teknologi bygget på flere tiår med vitenskapelig teori rundt datamodellering (entitet-relasjonsmodell, relasjonsalgebra), korrekthet (lineariserbarhetsteori, ACID), osv. De er ofte brukt til å realisere store og kompliserte datasystemer hvor et konsistent syn på tilstanden i databasen må håndheves, selv om flere uavhengige programmer parallelt leser og skriver til databasen. Relasjonsdatabasenes transaksjonsmekanismer sikrer at lese- og skrive-operasjoner i parallelle programmer koordineres i en semantisk korrekt rekkefølge.

Blokkjeder er en mer moderne innovasjon og har sitt utgangspunkt i peer-to-peer fildelings hypen tidlig på 2000-tallet, artikulert for første gang i 2008 i den famøse Bitcoin artikkelen skrevet av en ukjent forfatter under pseudonymet Satoshi Nakamoto. I motsetning til relasjonsdatabaser, er blokkjeder distribuerte og desentraliserte systemer bestående av et sett maskiner som snakker sammen over Internett. Hver maskin lagrer og vedlikeholder en

fullstendig kopi av hele blokkjede databasen, en såkalt replika. Hver maskin kan parallelt og uavhengige foreslå endringer samtidig som at de skal enes om blokkjedens eksakte innhold.

7.2.1. Konfidensialitet

I dialog med prosjektgruppen kom det frem en viss betenkelighet mot bruk av blokkjeder i verdikjeden. Spesielt bruk av offentlige blokkjeder som Ethereum Mainnet, Bitcoin, og Avalanche. Bekymringen dreide seg hovedsakelig om at man ikke ønsket at interne og bedriftsensitive data skulle komme på avveie. Dette synspunktet ansees som premissgivende for behandling av sporingsinformasjon da offentliggjøring av detaljert sanntidsdata fra næringskjeden sannsynligvis kan utnyttes av både konkurrenter og kriminelle miljøer i og utenfor næringen. At Råfisklagene har karantene på salgssum i offentlige sluttsedler indikerer at næringen har et slikt uttrykt ønske om å verne deler av intern bedriftsinformasjon. En sporingsløsning som ikke tilfredsstiller aktørenes behov for konfidensialitet, vil ikke få aksept.

Selv om det er mulig å kryptere data på en blokkjede for økt konfidensialitet, vil en slik tilnærming oppheve mange av de opprinnelige fordelene blokkjedene gir. Det vil også være vanskelig å skille hva som trygt kan registreres, og hva som må registreres for at sporingssystemet skal være nyttig til forskjellige formål, enten det er historiefortelling eller kontroll. Kryptering av sporingsdata på en offentlig blokkjede krever også sikker forvaltning av krypteringsnøkler. Det er uklart hvordan dette kan gjøres. Her blir spesielt revokering av tilgang umulig når det først er gitt. Håndtering av transitive rettigheter ved flyt av informasjon mellom aktører, slik som i Bel-LaPadula og Biba modellene, lar seg her heller ikke implementere på en sikker måte gjennom krypterte blokkjeder. Blokkjeder vil ikke kunne tilfredsstille næringens behov for konfidensialitet.

7.2.2. Endringsresistens (immutabilitet)

Et av hovedargumentene for bruk av blokkjede er endringsresistens eller immutabilitet. Altså, at data som er lagret på kjeden ikke kan endres eller slettes, og samtidig er tilgjengelig for alle i all ettertid.

Blokkjedenes endringsresistens er dessverre ingen absolutt garanti mot omskriving av historien. Dersom tilstrekkelig av blokkjedens medlemmer er enige, er det fullt mulig at systemet adapterer en revidert kjede. Slike omskrivninger har skjedd flere ganger tidligere i populære offentlige systemer som Ethereum og Bitcoin, og omtales ofte som en fork (eller splitt). I private konsortium blokkjeder som baserer seg på sikker konsensus protokoller (eng. «Byzantine consensus») vil man alltid være avhengig av minst et 2/3 flertall av systemets noder slavisk følger systemprotokollene på korrekt og ærlig møte. For private blokkjeder forutsetter et slikt flertall et relativt stort antall medlemsorganisasjoner og at hvert medlem opererer uavhengig av hverandre. Sikkerhetsgarantien som blokkjeder gir kan omgås ved at et f.eks. et tilstrekkelig antall mindre aktører samarbeider for å sabotere for stør aktør ved å forsinke eller omskrive sporingsinformasjon. Slike typer saboteringer, ofte kjent som Sybil- og Eklipse-angrep, er grunnleggende problematisk i alle blokkjedesystemer.

I dialog med prosjektgruppen kom det også tydelig fram et behov for kunne endre data i enkelte deler av sporingssystemet. Spesielt ved veiing, klassifisering, og registrering av krabber må det være mulig å korrigere feil. Mulighet for korrigering av feil utelukker ikke bruk av blokkjeder, men alle slike endringer blir synlige på blokkjeden og kan utgjøre både støy, merarbeid, og lekkasje av potensielt sensitiv informasjon.

7.2.3. Sentralisert vs. desentralisert modell

Selv om dagens moderne blokkjedesystemer, som Ethereum og Avalanche, er vesentlig mer kostnadseffektive enn Bitcoin, bygger de alle på samme peer-to-peer-design prinsipp hvor flere uavhengige organisasjoner går sammen for å tilby en felles tjeneste som gagnar alle (desentralisert modell). For blokkjeder er hensikten å tilgjengeliggjøre en datastruktur, selve blokkjeden, og koordinere oppdateringer slik at alle har samme syn på innholdet. Dette er ulikt relasjonsdatabaser, som eies, opereres og nyttiggjøres kun av en organisasjon (sentralisert modell).

Her er det vel og merke viktig å skille mellom database og applikasjoner. Selv om data tilgjengeliggjøres i enten en relasjonsdatabase eller en blokkjede, er disse konsumert av sluttbrukere gjennom en brukerorientert applikasjon. For databaser tilbys applikasjonene av databasens eier, mens for private blokkjeder tilbys de av en eller flere av konsortium medlemmene. Offentlige blokkjeder har ingen begrensninger på hvem som kan lage applikasjoner på lagrede data. Tillit til at data er uendret er dermed også avhengig av at applikasjonene som behandler data på brukernes vegne ikke gjør uberettigede endringer mellom datagrunnlaget og sluttbruker. Blokkjeder fjerner dermed ikke nødvendigheten for at næringen har høy tillit til en eller flere teknologileverandører.

7.2.4. Datastrukturer for sporingsdata

Selv om både relasjonsdatabaser og blokkjeder i utgangspunktet kan tilby lik funksjonalitet for lagring av sporingsdata, er måten dette gjøres på grunnleggende ulike. Relasjonsdatabaser lagrer data i sin nåværende tilstand, mens blokkjeder lagrer endringer (transaksjoner). For eksempel, i et banksystem er kontoene entiteter og overførsel av penger materialiserer seg som kontotilstand før og etter overførselen, for eksempel som følger:

Før

Konto	Balanse
350	15
121	55

Etter

Konto	Balanse
350	10
121	60

I en blokkjede vil selve transaksjonsdataen lagres:

Tx	Fra	Til	Beløp
1A12	350	121	5

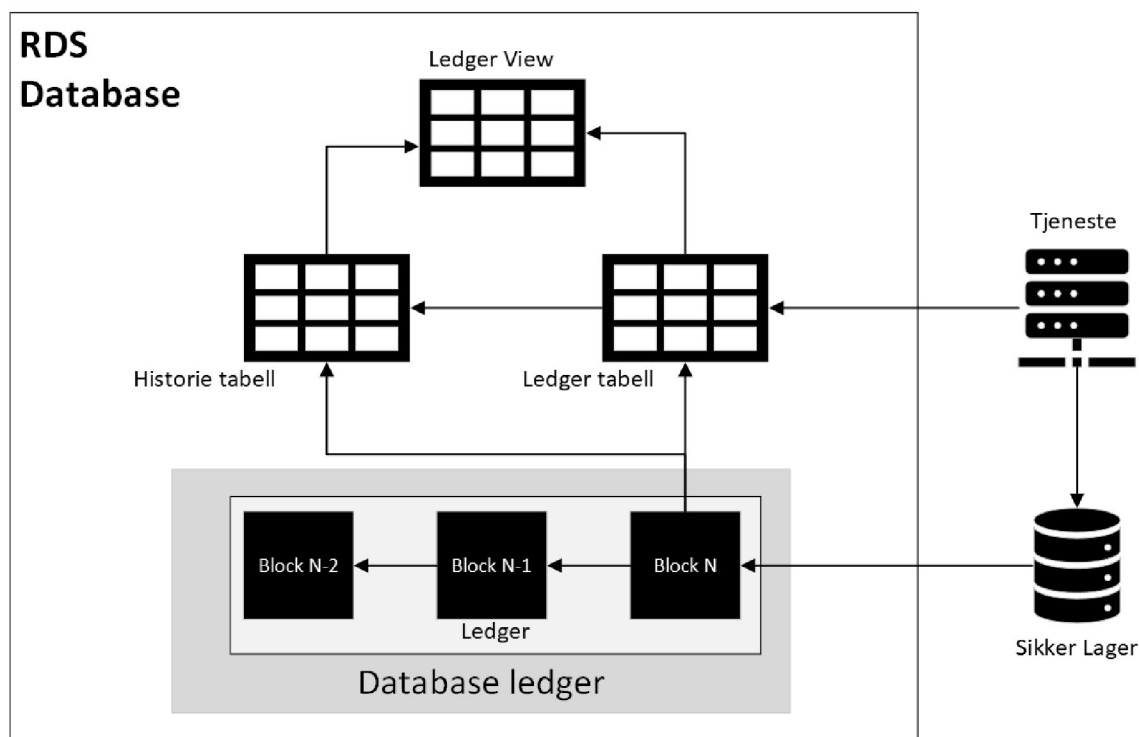
Da sporing av produkter og varer, i vårt tilfelle kongekrabber, naturlig modelleres som transaksjoner mellom entiteter, er blokkjeder ofte fremstilt som en hensiktsmessig teknologi for sporingssystemer. Men relasjonsdatabaser kan uproblematisk designes med transaksjonstabeller i tillegg til datatabellene, og kan instrueres ved bruk av triggerfunksjoner til å føre en endringslogg. Blokkjeder gir altså ingen funksjonell fordel over relasjonsdatabaser i forhold til modellering og representasjon av data.

	Offentlig Blokkjede	Privat Blokkjede	Relasjonsdatabase
Endringsresistens	Høy	Høy	Lav
Ytelse	Lav	Lav	Høy
Konsistens	Konsensus	Konsensus	ACID
Konfidensialitet	Lav	Middels	Høy
Kontroll / Governance	Lav	Middels	Høy
Transaksjonskostnad	Høy	Middels	Lav

Tabell 2 Egenskapene til de forskjellige løsningstypene

7.2.5. Løsningsarkitektur med Database Ledger

På grunnlag av disse betraktningene rundt blokkjeder, valgte prosjektet å fokusere på mulighetene til å realisere et sporingssystem ved bruk av tradisjonelle relasjonsdatabaser. Som det kommer frem av **Error! Reference source not found.**, er relasjonsdatabasenes svakhet at tabellenes innhold kan utilsiktet endres av systemeier. Denne svakheten kan enkelt motvirkes ved å ta jevnlig fingeravtrykk av dataen og lagre disse i et eksternt datalager. Mekanismer for dette er allerede tilgjengelig i forbrukermarkedet, f.eks. på Microsofts Azure skyløsning under navnet Database Ledger. Database Ledger har alle fordelene til SQL databaser, men gir i tillegg immutabilitet og transparens gjennom en blokkjede-lignende datastruktur.



Figur 7. ER diagram over databasestruktur

Figur 6 Database Ledger arkitektur

Database Ledger tjenesten består hovedsakelig av en tradisjonell relasjonsdatabase, her Microsoft SQL server, i kombinasjon med en blokkjede-lignende datastruktur med verifikasjonsdata som kun systemeier får lesetilgang til (se Figur 6). Database Ledger støtter tabeller hvor rader kun kan legges til, men også tabeller hvor rader kan oppdateres og slettes. I tilfellene hvor endringer støttes, tilbys integritet ved å oppsummeres transaksjoner som gjør endringer gjennom et SHA-256 basert Merkle tre hvor roten danner en blokk i blokkjeden. Tidligere versjoner av radene som oppdateres eller slettes legges til i en historietabell, mens siste versjon lagres i hoved tabellen.

En kopi av kjeden blir sendt til en ekstern og sikret lagringslokasjon, i vårt tilfelle ved bruk av Azure Trusted Blobstore tjenesten. Ved en senere anledning kan blokkjeden regenereres basert på innholdet i databasen og sammenlignes mot kopien som ligger på den sikre lokasjonen. Ved utilsiktede modifikasjoner av databasen vil de beregnede hash-ene være ulike de som ligger i det sikre lageret, og verifikasjonen vil feile. De eksterne sikre lagringslokalitetsene kan i ett reelt scenario lagres hos Fiskeridirektoratet slik at de som kontrollorgan kan verifisere databasens integritet.

Error! Reference source not found. viser ER diagrammet til den underliggende databasen. For hver tabell i figuren eksisterer det også en historietabell som sporer endringer i databasen, også ved sletting av data.

7.2.6. Mottak av sporingsdata

Prosjektet har utviklet en tjeneste for integrering og mottak av sporingsdata fra Maritechs systemer. Prosjektet valgte å følge en REST tilnærming med JSON koding av datastrukturer, da dette er godt utbredt i næringen ellers og øker graden av interoperabilitet mellom systemene. Sporings APIet kjører i dag på Orcas skyinfrastruktur og kalles opp av Maritechs

systemer over internett. APIet har følgende endepunkter:

Sluttseddel

POST	/landing_note	Tar inn et Landing Note (sluttseddel) objekt og lagrer det i databasen.
PUT	/landing_note	Tar inn verdier og oppdaterer Landing Note objektet med de nye verdiene. De gamle verdiene vil <i>fortsatt være lagret</i> i Database Ledger historikken.

Entity

POST	/entities	Tar inn en liste med Entity (kongekrabbe) objekter og lagrer de i databasen.
DELETE	/entities	Tar inn en liste med Entity id-er og sletter de fra databasen. De slettede objektene vil <i>fortsatt være lagret</i> , men vil være representert som slettet.

Salgsordrer

POST	/sales_orders	Tar inn et Sales Order (salgsordre) objekt og lagrer de i databasen.
DELETE	/sales_orders/:id	Tar inn id-en til et Sales Order objekt og sletter den fra databasen. Det slettede objektet vil <i>fortsatt være lagret</i> , men vil være representert som slettet.

Vanligvis vil god API design kreve at tjenesten returnerer hensiktsmessige og relevante statusmeldinger. For eksempel ved å returnere statuskode «201 Created» ved vellykket opprettelse av en sluttseddel. Under utviklingen av prototypen har informative feilmeldinger vært nødvendig for å finne og rette feil i integreringen mellom Orca og Maritech sine systemer.

En tilnærming med *informative feilmeldinger* gir aktører mulighet til å få innsikt i hvordan data prosesseres internt i systemet. For eksempel gi innsikt i hvilken krabbe identifikatorer som er gyldige og i bruk. Dette utgjør en mulig angrepsvektor som ondsinnede aktører kan utnytte for å gamifisere og fabrikkere data som systemet vil godta. Ved en *dempet tilnærming* returnerer systemet samme melding uavhengig av hvordan data prosesseres (f.eks., «200 OK») og man reduserer risikoen for fabrikkert data. Risikoen her er at utilsiktede feil blir værende i systemet i lang tid og vanskeliggjør kontrollarbeid. Dersom informative feilmeldinger benyttes, bør systemet loggføre systemkall som feiler, slik at aktører som fabrikkerer eller gamifiserer data kan oppdages.

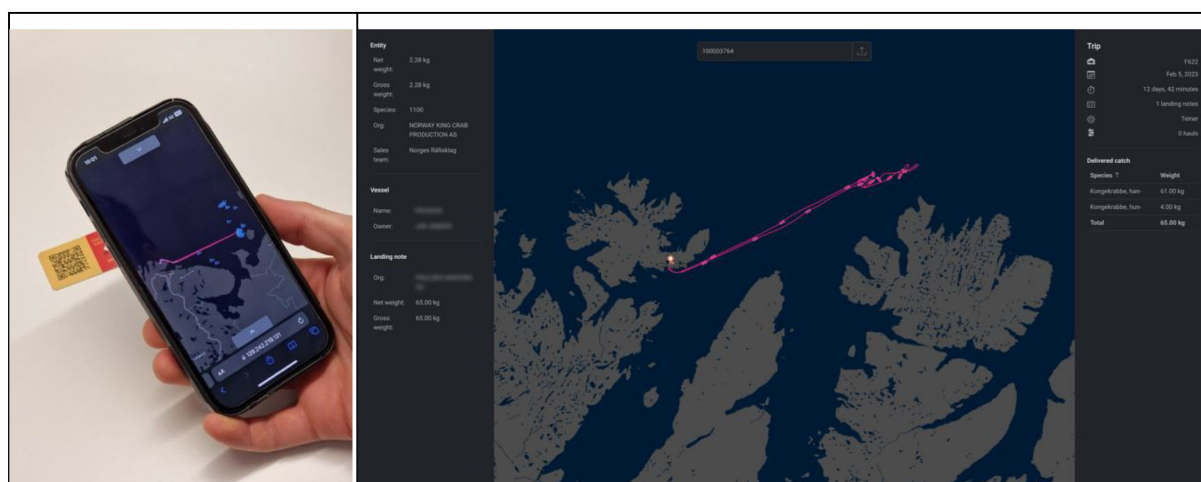
I en tredje modell utvides informative feilmeldinger med mulighet for næringsaktørene å se hvilket avvik som registreres i systemet og mulighet til å lukke disse. Dette kan redusere støy og øke kvaliteten på data inn til kontrollmyndighetene og tilfredsstille næringens behov for å kunne oppdage og korrigere utilsiktede feilregistreringer i sporingsystemet. En slik løsning krever utvikling av et åpent kontroll API samt mulighet til å oppdatere deler av sporingsdatabasen. Tabell 3 oppsummerer funksjoner i de forskjellige tilnærmingene.

Tabell 3 Funksjoner for håndtering av feil og avvik

Funksjon / Features	Dempet	Informativ	Korrigerbar
Sporings API	X	X	X
Kontroll API (lukket)	X	X	X
API statusmeldinger		X	X
Kontroll API (åpent)			X
Oppdaterings API			X
Sikker logging av kall		X	X

7.2.7. Bruk av sporingsdata

Prosjektet har identifisert to hovedmodus for bruk av sporingsdata: historiefortelling og kontroll. For historiefortelling har prosjektet laget en demonstrator hvor QR kodene på NKC taggene kan skannes inn med en smarttelefon for å få opp sporingsinformasjon om krabben. Løsningen baserer seg på et eksisterende systemer og databaser utviklet av Orca. Figurene nedenfor viser et eksempel på hvordan dette ser ut. Krabben bli presentert med informasjon som vekt, når den ble fanget, hvem som fanget den, og hvor den ble fanget. Hvor krabben ble fanget vises i form av et spor som viser hvor båten kjørte på den turen krabben ble fanget.



Figur 8 Grensesnitt for visning av sporingsdata

Prosjektet har i liten grad spekulert i hvordan sporingsdata vil brukes av kontrollmyndighetene. Historiefortellingsgrensesnittet, i figuren ovenfor, vil helt klart være nyttig også for kontroll, men tilgang til rådata er nok også nødvendig. Figuren under viser hvordan prototypen tilrettelegger for dette. Her kan kontrollmyndighetene inspisere alle innsetninger, oppdateringer, og slettinger som er gjort i databasen, og se når disse ble gjort og av hvem.

Home | Ledger Verification | Entities Ledger | Landing Notes Ledger | Landing Note Items Ledger | Sales Orders Ledger

Filters:

- Id: []
- Landing Note Id: []
- Org Number: []
- Net Weight: [0] to [10]
- Gross Weight: [0] to [10]
- Commit Time: 2023-03-01 - 2023-04-12 [m]

Id	Landing Note Id	Org Number	Net Weight	Gross Weight	Species Code	Operation	Principal Name	Commit Time
100099719	b6f9ca23-04bc-ad11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	3.37 kg	3.37 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:36:10
100193228	af9ae5f1-22bc-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.11 kg	2.11 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:35:05
100193229	b6f9ca23-04bc-ad11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.56 kg	2.56 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:37:12
100193230	7c5cd118-14bc-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.78 kg	2.78 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:36:10
100193231	7c5cd118-14bc-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	3.29 kg	3.29 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:36:10
100193233	a5897415-5dc2-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.69 kg	2.69 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 15, 2023, 11:47:59
100193234	a5897415-5dc2-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.58 kg	2.58 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 15, 2023, 11:48:00
100193235	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.75 kg	2.75 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:48:27
100193236	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.64 kg	2.64 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:48:16
100193237	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	3.28 kg	3.28 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:48:20
100193239	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.38 kg	2.38 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:48:24
100193240	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.88 kg	2.88 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:47:20
100193241	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	3.51 kg	3.51 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:47:20
100193242	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	4.07 kg	4.07 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:47:20
100193243	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.39 kg	2.39 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:48:24
100193244	a5897415-5dc2-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	3.53 kg	3.53 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 15, 2023, 11:48:59
100193245	d4996d54-bbb9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.55 kg	2.55 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:46:17
100193247	f1ce320b-c7b9-ed11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	3.02 kg	3.02 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:42:20
100193248	a7a05350-d4b9-ad11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.46 kg	2.46 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:42:21
100193249	a7a05350-d4b9-ad11-a8e0-000d3ab6e439	991594434	2.67 kg	2.67 kg	1100	INSERT	sqi-admin	Mar 8, 2023, 8:42:16

Figur 9 Eksempel på kontrollgrensesnitt

Validering av databasens tilstand gjøres i et eget grensesnitt, vist i figuren under. Dersom valideringen godkjennes vet kontrollmyndighetene at integriteten i databasen er bevart.

Home | Ledger Verification | Entities Ledger | Landing Notes Ledger | Landing Note Items Ledger | Sales Orders Ledger

Ledger Verification [Verify]

Ledger verification succeeded.

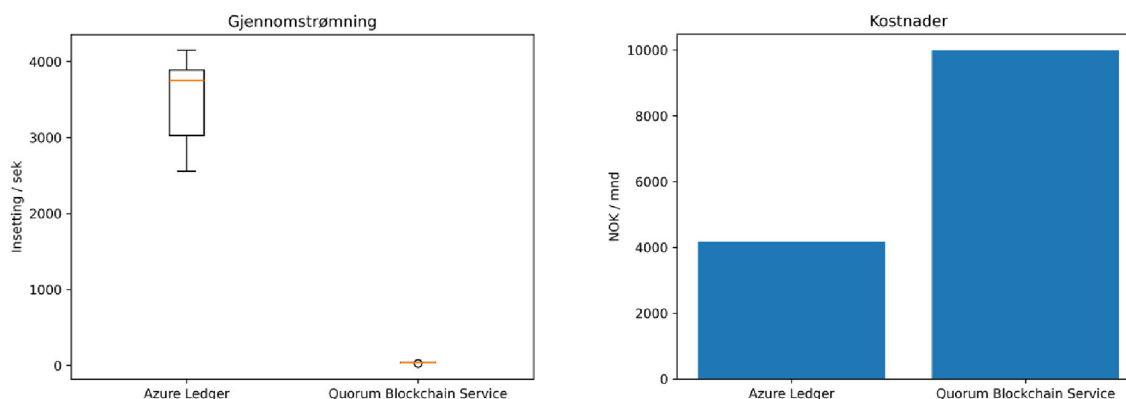
Digest Locations

Path	Last Digest Block Id	Is Current
https://krabbestorage.blob.core.windows.net/sqi/ledgerdigests/krabbe/krabbe/2022-12-13T13:57:15.9400000	1094	true

Figur 10 Verifikasjon av blokkjededata

7.2.8. Ytelse og kostnad

Selv om prosjektet fokuserte på Database Ledger som kandidat til teknologi for sporingssystem, ønsket vi å undersøke ytelse av en slik løsning sammenlignet med tradisjonelle private blokkjeder. Prosjektet satt derfor opp et privat Ethereum nettverk basert på Quorum Blockchain Service for å sammenligne med. Begge systemene kjørte på Microsoft Azure skyløsning i region Norge øst. For Database Ledger løsningen ble det benyttet standard-nivå tjeneste med 10 Database Transaction Units (DTU). For Quorum Blockchain Service ble det satt opp én validator og én transaksjonsnode kjørende på standard B2ms VM-er med 8GB minne og 2vCPU.



Figur 11 Evaluering av ytelse og kostnad

Evalueringen viser at Database Ledger leverer betydelig bedre ytelse og til en lavere kostnad enn blokkjede løsningen. For Database Ledger er det enkelt å skalere opp ytelse ved å tilordne tjenesten flere DTU-er. For blokkjeden kan man også øke størrelsen på VM-ene for økt ytelse, men i praksis vil ytelsen bli betraktelig mer begrenset når flere medlemsorganisasjoner legges til. Det er i hovedsak forsinkelser i nettverket (latens) som dikterer ytelse for disse systemene og ikke tilgjengelig CPU og minne.

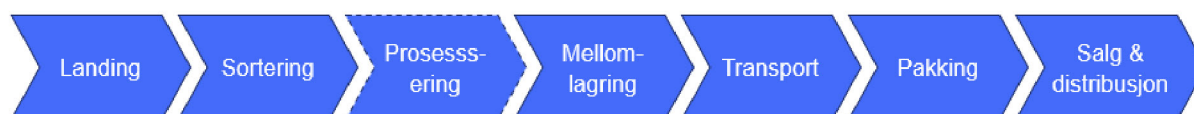
7.3. Programvareløsning for ende- til ende-sporing

Gjennom våre markedsledende fagsystem har vi over lengre tid hatt en form for sporing av både transaksjoner og opphav, men denne sporingen har aldri blitt konseptualisert på et helhetlig nivå som er i stand til å følge enkeltprodukt gjennom verdikjeden og ut i markedet på en skalerbar måte. Dette arbeidet har vært omfattende og vi har møtt på mange ulike problemstillinger. Vi har lært mye, og kommet i mål med et konsept som vi har tro på skal skape verdi både for den enkelte bedrift samt regulatoriske myndigheter.

Fagsystemene våre har flere punkt for datafangst gjennom verdikjeden. For å imøtekomme spesifikasjonene i dette prosjektet har det blitt kartlagt hvilken datastrøm som er nødvendig for å utvikle en helhetlig sporingsløsning for kongekrabbe. Vi har identifisert ulike datapunkt som nøkkelhendelser gjennom verdikjeden. Med utgangspunkt i disse har vi satt opp automatisk dataflyt (Tracking API) videre til Orca Labs' blokkjedeløsning for lagring og datahåndtering. Denne flyten sørger for at alle hendelser fra fagsystemene sendes til blokkjeden så snart det registreres. Denne hensyntar også eventuelle endringer gjort i fagsystemet, slik at alle endring logges og lagres i blokkjeden og er synlige for eventuell kontroll og ettersyn.

7.3.1. Prosess

Skjematisk går en kongekrabbe gjennom følgende steg (se Figur 12) fra fangst til sluttbruker. Levende kongekrabbe blir ikke prosessert.



Figur 12 Prosessflyt kongekrabbe

7.3.2.Forslag til teknisk løsning for levende krabbe

Ved merking skannes hver krabbe og opprettes som en enhet i datasystemet. Minstekravet for data knyttet til en enhet er beskrevet i Tabell 4.

Name	Required?	Type
entityId	True	String
landingNoteId	False	Uuid
landingNoteNo	True	String
grossWeight	True	Float
netWeight	True	Float
speciesCode	True	String
orgNumber	True	Int64
salesTeam	False	SalesTeamID

Tabell 4 Datafelt for enkeltkrabber

Her knyttes hver krabbe til en sluttseddel (landing note) via sluttseddel-nummeret eller en system-spesifikk sluttseddel-ID.

Krabben kan videre skannes i ulike steg i prosessen fram til sluttbruker, alt etter hvor mye sporingsdata man ønsker å samle inn. Som et minimum må krabben registreres ved landing og ved pakking for salg.

Hendelse	Data som registreres	Aggregerings-nivå	Utsteder av data	Data-identifikator	Data-bærer
Obligatoriske registreringspunkt					
Landing	- Data fra - sluttseddel - Krabbe-ID	Enkeltkrabbe	Råfisklaget: sluttseddel Salgsselskap: Krabbe-ID	Krabbe-ID (entityId)	QR-kode på tag Meldingsfil til sporings-system
Salg	- Krabbe-ID - Salgsordre-nummer - Salgsordre-dato - Org.nr - Bruttovekt - Varekode	Enkeltkrabbe	Salgsselskap	Krabbe-ID (entityId)	QR-kode på tag Meldingsfil til sporings-system
Mulige registreringspunkt					
Mellom-lagring	- Krabbe-ID - Lager-ID - Dato og tid - Lagertilgangs-nummer	Enkeltkrabbe	Salgsselskap	Krabbe-ID (entityId)	QR-kode på tag Meldingsfil til sporings-system
Transport	Krabbe-ID	Enkeltkrabbe:	Salgsselskap	Krabbe-ID	QR-kode på tag

	• Lager-ID • Dato og tid • Flytteordre-nummer • TankID • Tilgangs-nummer for krabber som overføres til prosessering eller er døde • Transport-middel-ID	skannes ut av lager og inn på transport-tank		(entityId) Tank-ID	Meldingsfil til sporingssystem
--	--	--	--	-----------------------	--------------------------------

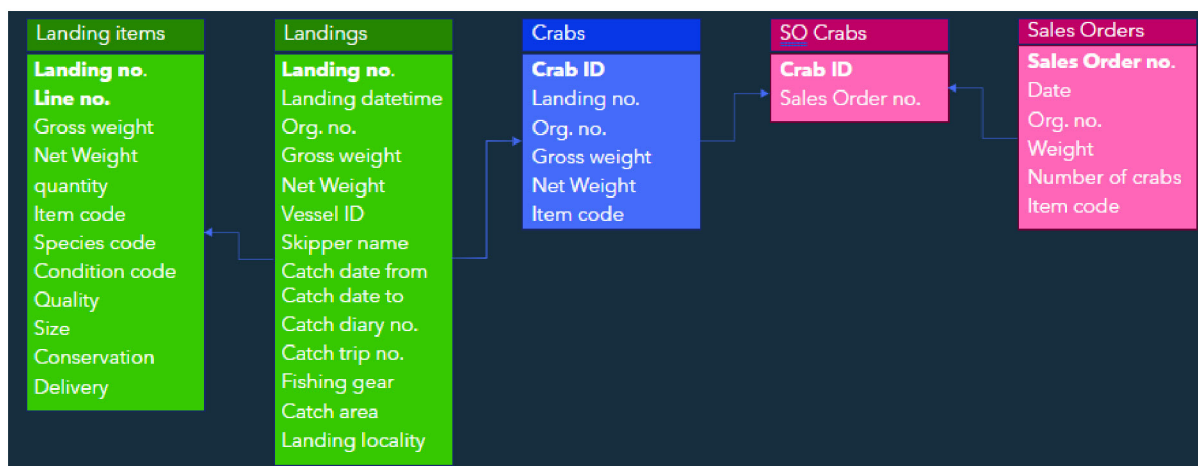
Tabell 5 Forslag til registrering av sporingsdata

Dataeksport til sporingssystemet bør skje automatisk ved at systemene som brukes for å håndtere salg og distribusjon genererer filer som sendes til sporingssystemet. I prosjektet har dette blitt gjort daglig, men vi har ikke tatt stilling til om dette bør gjøres kontinuerlig ettersom krabber skannes, eller om data bør aggregeres og sendes på bestemte tidsintervall.

Filformatet brukt i prosjektet er dette:

```
Create Entity
{
  "entity_id": "1682536",
  "landing_note_id": "f156e99b-2f43-ee11-b8f0-000d3ab6e9dd",
  "landing_note_no": "70-11605637",
  "sales_team": null,
  "org_number": 123456789,
  "net_weight": 3.29,
  "gross_weight": 3.29,
  "species_code": "1100"
}
Create Sales Order
{
  "sales_order_no": 17143,
  "sales_order_date": "2023-07-20T00:00:00+00:00",
  "org_number": 123456789,
  "entity_ids": [
    "1682536",
    "1682213",
    "1720627",
    "1714586"
  ],
  "gross_weight": 13.34,
  "species_code": [
    "1100",
    "1100",
    "1100",
    "1100"
  ]
}
```

Figur 13 viser databaseskjemaet som kobler hver krabbe til en sluttseddel (landing note) og en salgsordre.



Figur 13 Databaseskjema

7.3.3. Forslag til prosess for clusters

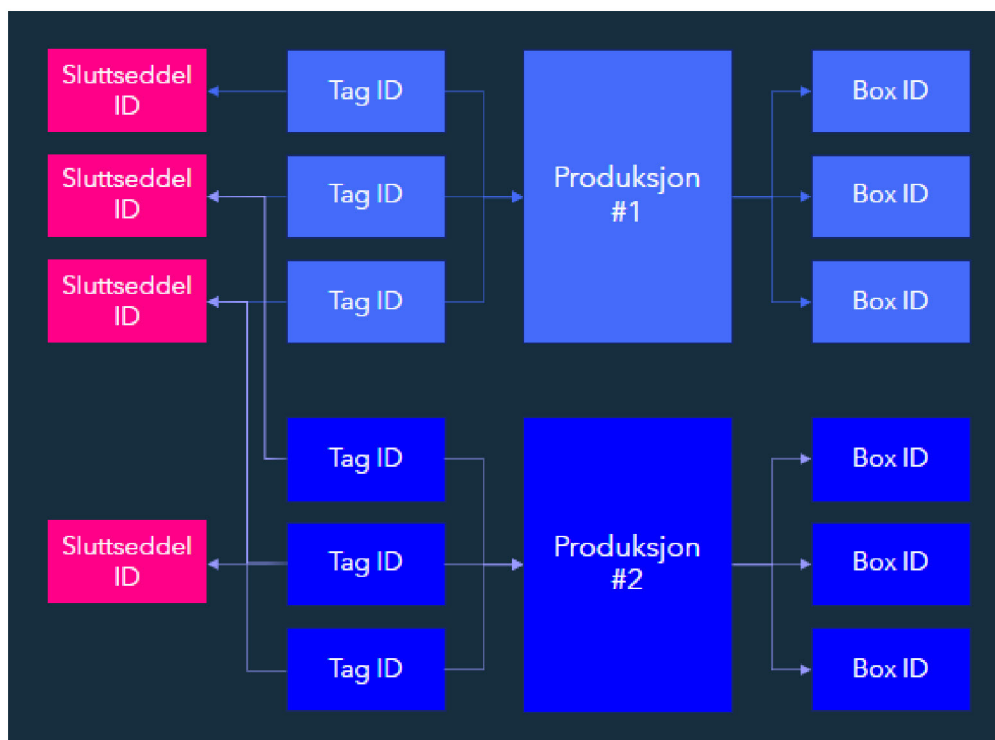
Det antas at en betydelig del av den svarte omsetningen av kongekrabbe er clusters, så sporing og merking av clusters er i utgangspunktet viktig for god ressurskontroll. Når det gjelder sporing av clusters har prosjektet hatt en dialog med Lerøy Seafood, som er en betydelig produsent av clusters og annen prosessert kongekrabbe.

Generelt er tilbakemeldingen at det oppleves krevende å merke clusters etter deling. Dette skyldes blant annet

- Clusters blir av og til bearbeidet, f.eks. ved at man river av en fot for å balansere vekt. Dermed kan det være vanskelig å linke en cluster til én krabbe.
- Merking med t-bar i skulder kan være krevende pga. misfarging, skade på skjell, osv. Å feste t-bars i krabbeføtter ansees per i dag ikke å være gjennomførbart. Strips virker dermed å være den beste merkeløsningen for clusters, men dette antas å gi mye merarbeid.
- Produksjon av clusters er veldig tids- og hygiene-sensitiv prosess som inkluderer glaserings etter innfrysing og ferdig pakking

En mer realistisk angrepsmåte vil være å spore clusters på batch nivå. Da vil man merke alle krabber ved landing, slik NKC i dag gjør for levende krabbe. Krabbene kan videre skannes inn på en produksjon. Med dette vil man ha kontroll på hvilke krabber som har vært råvarer i en produksjon, slik at alle kassene som produseres kan spores tilbake til et sett med sluttsedler; se Figur 14.

Prosjektet anerkjenner at en sporing på batch-nivå ikke vil gi samme grad av kontroll som sporing av hver enkelt cluster. Teknisk sett vil både sporing av clusters på både batch- og enkelt-nivå kunne håndteres av systemene utviklet i prosjektet. Det kan være behov for en grundigere gjennomgang av hvordan clusters skal spores, inkludert en kost-nytte-vurdering av de ulike alternativene.

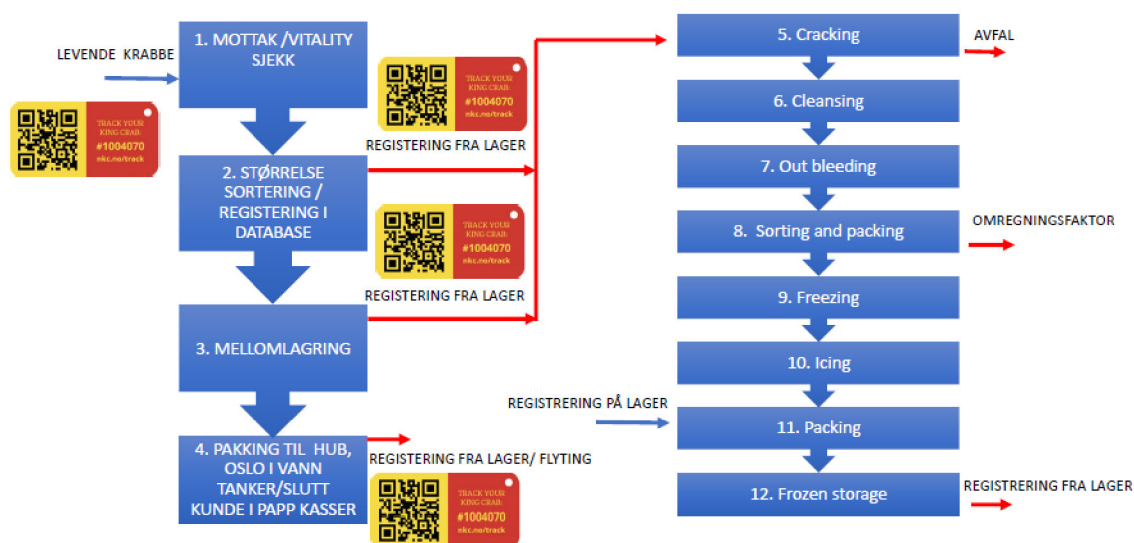


Figur 14 Forslag til merking og sporing av clusters

7.3.4. Tidspunkt for merking

Kongekrabbe merkes i dag etter initiell sortering, se Figur 15. Generelt bør merking skje så tidlig som mulig etter fangst, for å redusere muligheten for juks. Merking om bord på fangstfartøy er ikke vurdert i prosjektet, da dette ansees til å ha en for stor innvirkning på fiskerens arbeidsforhold og sikkerhet. Prosjektet har imidlertid gjort en vurdering av fordeler og ulemper ved merking ved landing sammenlignet med merking etter sortering.

FLOWCHART: LEVENDE SKALLDYR OG FROSSET CLUSTERS
NORWAY KING CRAB AS, FINNMARK



Figur 15 Flytskjema for håndtering av levende krabbe, NKC

Vanlig rutiner for mottak, merking og registrering av kongekrabbe på lager til Norway King Crab inkluderer:

- sortering av levert krabbe i størrelse definert av Råfisklaget
- vitalitet og kvalitet sortering
- batch vekt registrering nødvendig for sluttseddelregistrering og sending
- merking av lytefri, riktig kvalitet krabbe
- registrering i Maritech-databasen.

Denne arbeidsprosessen er utviklet med hensyn til effektivitet og dyrevelferd. Dyrevelferd tilsier at krabben skal i vann eller i produksjon snarest mulig, og all håndtering innebærer risiko for redusert kvalitet eller vitalitet. Dersom krabbene merkes før sortering vil ikke taggen kunne knyttes til sluttseddel, og det vil derfor være behov for at krabbene som blir kjøpt skannes og knyttes til sluttseddel i etterkant. Videre vil det kreve at fisker eller andre aktører må skanne og registrere krabbene som ikke blir solgt.

På bakgrunn av dette mener prosjektgruppen at merking av krabbe rett på kaia ikke er praktisk eller effektivt. Fiskere har forskjellig erfaring og kunnskap og derfor varierer kvaliteten på krabbene som leveres. Noen av krabben forblir utsorter gjennom kvalitets og vitalitets sjekk; for eksempel bør krabber med lavt kjøttfylde returneres til havet for å holde bestanden i balanse. Død ellers svak krabbe kan registreres i batch og sendes til destruksjon ellers prosessering, sammen med krabbe til storskala produksjon av clusters. Alt av levende må merkes og registreres før lagring eller flytting.

7.3.5. Omfang av merking

Hos Norway King Crab merkes alle hann-krabbene som kjøpes. Krabber med kvalitet A-grad skilles fra B-grad via fargekoden på taggene. Hunn-krabbe skal også merkes i fremtiden. Alle krabbene registreres via QR kode i databasen og spores gjennom logistikken. Hvis noen krabbe viser dårlig vitalitet, blir den sortert ut og sendt til prosessering. Død krabbe tas ut og sendes til destruksjon. Alle krabbene som ikke ble solgt er registrert i databasen som rund krabbe til knekking ellers død.

7.4. Diskusjon og konklusjon

Prosjektet har brukt mest tid på å finne gode tekniske løsninger, og mener vi har grunnlag for tydelige anbefalinger når det gjelder

- Merkeløsning
- Metodikk og rammeverk for lagring av sporingsdata
- Metodikk og rammeverk for sporing av levende kongekrabbe

Når det gjelder tidspunkt og omfang av merking, samt sporing av clusters, så vil det være en avveining mellom behovene for god og komplett sporing, og behovene for effektive og sikre arbeidsprosesser. Her har prosjektet oppsummert viktige argument for og imot ulike løsninger, men mener at det er utenfor vårt mandat og kompetanse å komme med en tydelig anbefaling.

Prosjektet har utviklet en prototype for sporing av hel kongekrabbe, og det er derfor ikke en veldig lang vei til en eventuell anvendelse av prosjekresultatene.

- Den anbefalte merkemethoden er allerede i bruk hos NKC, og lar seg relativt enkelt implementere og skalere ut hos andre aktører. Den viktigste endringer her vil være å opprette et sentralt register for merker.
- Sporingsdatabasen er implementert hos Orca, og et eventuelt oppsett i større skala kan bygge på arbeidet gjort i denne delen av prosjektet. Her vil eierskap, tilknytning til

myndigheter og rutiner for drift være viktige elementer som må gjennomgås før en eventuell implementering.

- Eksport av sporingsdata fra Maritechs system er allerede satt opp, og lar seg skalere til alle Maritech's kunder. For at dette skal være uavhengig av programvareleverandør må det utarbeides en enda mer detaljert beskrivelse av datatyper og dataformat for eksport til sporingsdatabasen.

8. Hovedfunn

Hovedfunnene i prosjektet er som følger

- Merking med t-bars er betydelig mindre ressurskrevende enn andre kjente merkemetoder. Det er foreløpig uavklart om metoden tilfredsstiller krav til dyrevelferd, men dette er under vurdering i FHF-prosjekt 901885 Dyrevelferd og hygiene ved merking og levendelagring av kongekrabbe og snøkrabbe. QR-koden på merkene bør utstedes av en sentral aktør for å sikre at merkingen er verifiserbar og unik.
- For lagring av sporingsdata vil en federert relasjonsdatabase være en mer kostnadseffektiv løsning enn en privat blokkjede. Immutabilitet sikres ved at tjenesten regelmessig genererer og lagrer verifikasjonsdata (Merkle-tre hasher) i enten egne skylager eller tilgjengeliggjøres for eksterne kontrollmyndigheter.
- Prosjektet mener at det er mest hensiktsmessig å merke alle krabber (også hunnkrabber) etter initiell sortering. Krabber til destruksjon registreres i batch, mens tomme krabber ideelt sett bør returneres til havet, dvs. at de ikke merkes og avhendes.
- For å sikre god sporing av levende krabber må hver krabbe som et minimum kobles til en sluttseddel og en salgsordre. Registrerte data må sendes automatisk til sporingsdatabasen.
- For sporing av clusters er en mulig løsning at alle krabber merkes ved landing og skannes inn på en produksjon. Dette gir mulighet for sporing på batchnivå, som gir en viss grad av ressurskontroll innenfor usikkerhet i utbyttegrad.

9. Leveranser

- Sluttrapport
- Presentasjoner i Workshop: Blockchain Network for the Norwegian food industry – Nofima, Tromsø 3-4. mai 2023.
 - Orca: Tracing King Crab with Azure Ledger
 - Maritech: Traceability in the seafood industry
- INIT-konferansen 2023, Molde: Traceability in the seafood industry, Maritech.