

# Productieproces oesterkweek

Werkdocument WP 1

T.b.v. EFMZV project

Rendementsverbetering en verduurzaming oesterproductie door kennisoverdracht en monitoring



Fotocredit: Lina Al Mohamed (HZ)

## **Auteurs:**

HZ University of Applied Sciences: Tony van der Hiele, Eva Hartog, Lotte Niemeijer  
Wageningen Marine Research: Linda Tonk, Wouter Suykerbuyk, Pauline Kamermans

Datum: 30 juni 2021



Europese Unie, Europees Fonds voor Maritieme Zaken en Visserij

## Inhoud

1. Introductie .....	3
1.1 Doelstelling .....	3
1.2 Algemeen .....	3
1.3 Bedreigingen .....	4
2. Productieproces.....	5
2.1 Oesterkweek op bodempercelen .....	5
2.2 Off-bottom oesterkweek .....	6
2.2.1 In zakken op tafels.....	6
2.2.2 In manden aan lijnen of tafels .....	7
2.3 Uitgangsmateriaal.....	7
2.3.1 Collectoren .....	7
2.3.2 Hatchery .....	8
2.3.3 Diploïde en triploïde Creuse oesters .....	9
2.3.4 Inkoop halfwas /consumptieoesters .....	9
2.4 Kennisgaten in het productieproces .....	10
3. Kennis uit interviews .....	12
3.1 Bodemkweek platte oesters in het Grevelingenmeer .....	12
3.2 Bodemkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde .....	12
3.3 Off-bottomkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde .....	12
4. Literatuurstudie.....	14
4.1 Kweekhandelingen.....	14
4.1.1 Dichtheid in off-bottom systemen .....	14
4.1.2 Effecten van stress en kweekhandelingen .....	14
4.2 Effecten van omgeving.....	15
4.2.1 Effect van stroming en golfslag op rendement.....	15
4.2.2 Effect van droogvalduur (off-bottom) .....	16
4.2.3 Effect van watertemperatuur/stress .....	16
4.3 Take-home messages uit literatuur.....	18
5. Discussie .....	19
5.1 Cruciale momenten en kweekhandelingen .....	19
5.2 Kennislacunes en aanknopingspunten vervolgonderzoek.....	19
6. Factsheets kweeklijnen .....	21
7. Referenties .....	26

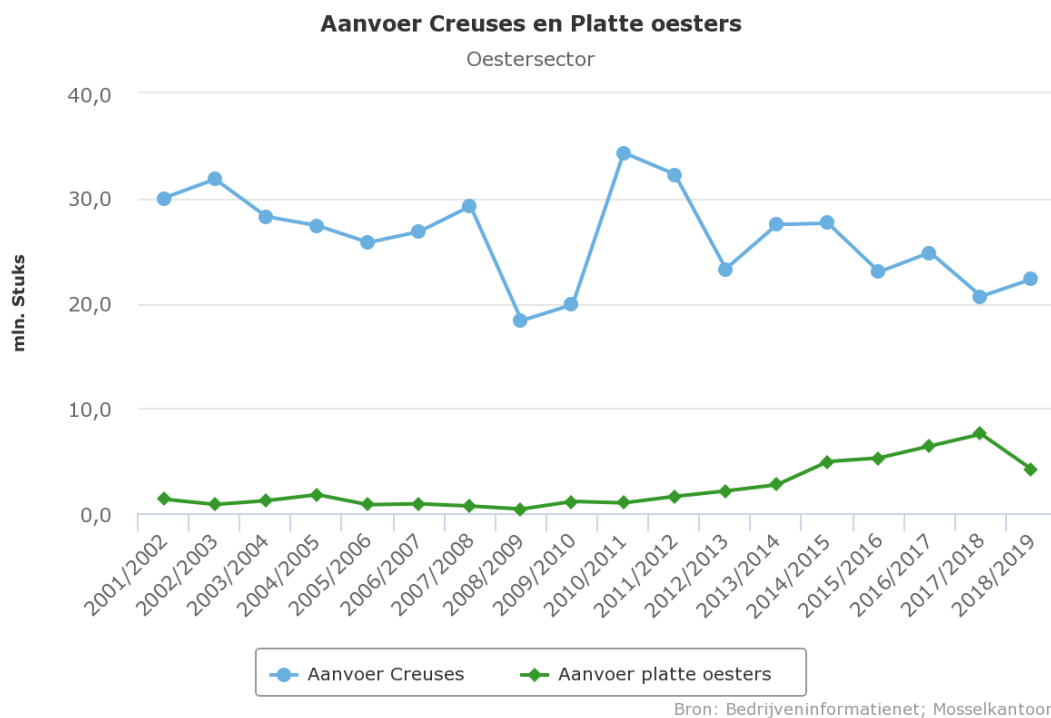
# 1. Introductie

## 1.1 Doelstelling

Middels een eerste inventarisatie zal het huidige productieproces van zowel de Zeeuwse platte oester en de Creuse oester geïnventariseerd en beschreven worden. De informatie betreffende het productieproces moet leiden tot een meer getalsmatige gedreven aanpak in de rendementsverbeteringen in de sector. Door het gehele productieproces van beide oestersoorten in kaart te brengen is het mogelijk cruciale momenten en handelingen in het kweekproces van oesters te identificeren. Middels vraaggesprekken met kwekers en een aanvullende literatuurstudie is wetenschappelijke kennis verknoopt aan praktische ervaring. Onderhavig document dient als werkdocument waarin de benodigde informatie van het productieproces wordt beschreven, kennislacunes aangekaart worden en waaruit uiteindelijk een factsheet voortkomt met een tijdlijn overzicht van cruciale momenten en handelingen in het kweekproces.

## 1.2 Algemeen

In Nederland worden twee soorten oesters gekweekt. De platte oester (*Ostrea edulis*) die van nature voorkomt in Nederlandse wateren en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) ook wel de Zeeuwse Creuse genoemd, welke in de jaren zestig werd geïntroduceerd. De platte oester wordt met name in het Grevelingenmeer gekweekt aangezien de aantallen in de Oosterschelde sterk gereduceerd zijn als gevolg van de parasiet *Bonamia ostreae*. In het Grevelingenmeer zijn de effecten van *Bonamia* beperkter (Engelsma et al., 2010; Haenen & Engelsma, 2018). De Japanse oester is voor de Zeeuwse oestersector met een waarde van €2.2 miljoen euro in 2018/2019 de belangrijkste commerciële oestersoort en wordt voornamelijk in de Kom van de Oosterschelde gekweekt (Mol, 2020). Sinds 2001 schommelt de jaarlijkse productie van platte en Japanse oesters in Nederland tussen de 20 en 35 miljoen exemplaren. De aanvoer van Japanse oesters is sinds 2013 verminderd vanwege het oester herpesvirus en predatie door de Japanse oesterboorder. De productie van platte oesters nam daarentegen gestaag toe van 1 miljoen exemplaren in 2001 tot 7,5 miljoen in 2017, waarna er in 2018 weer een daling zichtbaar is (Mol, 2020). De totale hoeveelheid gekweekte oesters wordt geschat op 3000 ton per jaar.



Figuur 1 Aanvoer Creuse en platte oesters van 2001 tot 2018 (Mol, 2020)

### 1.3 Bedreigingen

De oestersector heeft, met name in de laatste jaren, te kampen met verschillende bedreigingen. De parasiet *Bonamia ostreae*, welke de platte oester bedreigt, het oesterherpes virus, welke de Creuse bedreigt, en oesterboorders, die beide soorten bedreigen. *Bonamia* refereert aan een ziektebeeld dat veroorzaakt wordt door de eencellige parasiet *Bonamia*. Voor de platte oester is *Bonamia* de voornaamste ziekteverwekker die verantwoordelijk is voor de sterfte van met name de wat oudere oesters vanaf ongeveer 2 tot 3 jaar oud (van Banning, 1991). De grootste mortaliteit wordt gevonden bij 3 jaar en oudere oesters (Sas et al., 2020). De Japanse oester is ongevoelig voor *Bonamia*. Kwekers zijn vanwege het effect van *Bonamia* op voornamelijk oudere oesters, de laatste jaren al in een eerder stadium gaan oogsten, met als gevolg dat productieaantallen van platte oesters omhoog zijn gegaan. Een andere oorzaak van sterfte van platte oesters in het Grevelingenmeer zijn anaerobe omstandigheden op de bodempercelen die optreden tijdens langdurige warme perioden.

De Japanse oester is ontvankelijk voor het OsHV-1 oftewel oesterherpesvirus (Fuhrmann et al., 2019). Een variant op dit type is OsHV-1  $\mu$ var (Segarra et al., 2010). Het oesterherpesvirus tast de platte oester niet aan maar treft met name jonge Japanse oesters (Hick et al., 2018) en is temperatuur gerelateerd. De oestersterfte als gevolg van het virus gaat gepaard met watertemperaturen boven de 16 °C (Degremont & Benabdelmouna, 2014). De variant, OsHV-1  $\mu$ var, lijkt virulenter te zijn voor Japanse oesters dan het oorspronkelijk beschreven OsHV-1 (Gittenberger et al., 2016). In de Oosterschelde kan sterfte onder met name oesterlarven en oesterbroed geven oplopend tot 100% ten opzichte van 60% door OsHV-1 (Kamermans et al., 2015; Smaal et al., 2016). Resistentie voor OsHV-1  $\mu$ var neemt toe met leeftijd en gewicht van de oester. Daarnaast is de Roem van Yerseke een fokprogramma gestart waarbij wordt geselecteerd op overleving (Kamermans et al., 2015).

Oesterboorders zijn roofslakken die op zowel platte als Japanse oesters jagen. Op de bodempercelen treedt hierdoor veel sterfte op. De voornaamste soort voorkomend in Nederland is de Japanse stekelhoorn (*Ocenebrellus inornatus*), in de volksmond Japanse oesterboorder genoemd. De Amerikaanse oesterboorder (*Urosalpinx cinerea*) komt slechts lokaal in de Oosterschelde voor (Kamermans & Smaal, 2016). Oesterboorders hebben een voorkeur voor jonge oesters (tot 18 maanden) en vertonen de meeste activiteit in de zomermaanden, met name als de temperatuur boven de 15 °C uitkomt (HZ University of Applied Sciences, 2020). Tijdens de zomermaanden worden er meer oesters met boorgat aangetroffen dan in de wintermaanden. In de zomer worden doorgaans grotere, halfwas oesters aangeboord ( $\pm$  10 gram). Net na de winter en in het voorjaar worden meer kleine oesters geboord (< 1-2 gram). Ook is er een voorkeur voor Japanse oesters ten opzichte van platte oesters (HZ University of Applied Sciences, 2020).

## 2. Productieproces

In dit hoofdstuk wordt het huidige productieproces en activiteiten beschreven zoals op dit moment bekend is en wordt gehanteerd op de Zeeuwse oesterkweekgebieden. Vetgedrukt zijn de mogelijke aanknopingspunten, cruciale momenten of knelpunten in het proces.

### 2.1 Oesterkweek op bodempercelen

Van oudsher worden de oesters in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer op semi- natuurlijke wijze gekweekt. Hierbij wordt het oesterbroed dat van nature in de systemen voorkomt ingevangen, waarna het op bodempercelen opgroeit. Dit is de voornaamste vorm van oesterkweek in Nederland. De opgroeiende oesters worden regelmatig door de kwekers opgevist, gecontroleerd, gesorteerd en geselecteerd (Mol, 2020). Reproductie van oesters vindt plaats in de zomermaanden. Om de oesterlarven in te vangen worden grote hoeveelheden lege mosselschelpen verspreid over de bodempercelen. Deze schelpen bieden hard substraat voor de oesterlarven om zich op te vestigen. De laatste jaren zijn **schelpen schaars** geworden en dus duur. Het oesterbroed wordt in het eerste jaar in ondiep water opgekweekt. Na een jaar worden de kleine oesters verzameld en naar een ander perceel vervoerd. Tijdens dit proces breekt de mosselschelp af, waardoor er meer ruimte is voor de oesters om te groeien. In de volgende twee jaar worden de oesters naar verschillende percelen verplaatst. Tijdens dit proces breken de dunne groeiranden van de oesters af, wat de groei van een wenselijker dieper gevormde schelp ten goede komt. In de laatste fase komen de oesters op de beste, schone gronden terecht met het meest voedselrijke water en veel stroming. Hier is een continue toevoer van voedsel, waardoor het vlees in de schelp mooi vol wordt. De Japanse oester wordt gemiddeld twee keer per jaar verplaatst. De platte oester wordt jaarlijks verplaatst. **Regelmatig onderhoud** van de bodempercelen kan uitval door **predatie door de oesterboorder** verminderen. Als de oesters van de bodempercelen minstens drie jaar oud zijn bereiken ze consumptieformaat. De oesters worden geogst met behulp van netten en worden op maat gesorteerd met behulp van een schudapparaat of rollen waarmee de kleinere oesters weer op de percelen kunnen worden teruggeplaatst, terwijl de grotere oesters in een bak worden geplaatst. Na een week of twee verwateren in de oesterputten, op verwaterpercelen of op het verwerkingsbedrijf zelf (om het zand uit de oesterdarm te verwijderen), zijn ze klaar voor consumptie.

Oesters worden voor de verkoop op brutogewicht geklasseerd. Voor platte oesters en voor Creuse oesters geldt een andere maatverdeling (

Tabel 1). De Nederlands gehanteerde klassering is overigens anders dan de Franse klassering.

Tabel 1 Nederlandse (links) en Franse (rechts) classificatie voor platte en Creuse oesters. (Visvos, 2021; Gastropedia 2021)

Platte oester klasse	Of:	Gewicht in gram
1/0		40-50
2/0	00	50-60
3/0	000	60-70
4/0	0000	70-80
5/0	00000	80-90
6/0	000000	90-110
6/0 Super		>110
Creuse klasse		
IV		<80
III		80-120
II		120-150
I		150-200
0		>200

Platte oester klasse	Gewicht in gram
nr. 4	40
Platte oester klasse	Gewicht in gram
<del>nr. 4</del>	<del>40</del>
<del>nr. 3</del>	<del>50</del>
<del>nr. 2</del>	<del>60</del>
<del>nr. 00</del>	<del>70</del>
<del>nr. 000</del>	<del>80</del>
<del>nr. 0000</del>	<del>90</del>
<del>nr. 00000</del>	<del>100</del>
<del>nr. 000000</del>	<del>110</del>
Creuse klasse	120
<del>Nr. 00000</del>	<del>150</del>
Creuse klasse	
Nr. 6	20-30
<del>Nr. 5</del>	<del>30-45</del>
<del>Nr. 4</del>	<del>45-65</del>
<del>Nr. 3</del>	<del>65-85</del>
<del>Nr. 2</del>	<del>85-100</del>
Nr. 1	111-150
Nr. 0	>150

## 2.2 Off-bottom oesterkweek

Off-bottom kweek is een alternatieve kweekmethode waarbij Japanse oesters (Creuse) in manden aan lijnen of in zakken op tafels worden gekweekt. In Frankrijk wordt op veelal geëxponeerde plekken in het intergetijdengebied gebruik gemaakt van zakken op tafels, 60% van de oesters in Frankrijk wordt op deze manier opgekweekt (Buestel et al., 2009). Ook in de baaien van Ierland wordt op deze manier gekweekt (BIM, 2017). In Australië wordt veel gekweekt in mandjes aan lijnen (BST, 2017). Ook door proeven van kwekers op verschillende locaties in de Oosterschelde is off-bottom kweek kansrijk gebleken voor Zeeland (o.a. pers. med. NOV en Capelle et al., 2020). De voordelen van de off-bottom kweekmethode boven bodemkweek, zijn dat de betere voedsel-kwaliteit in de waterkolom (minder slib t.o.v. de bodem, waardoor de oesters efficiënter kunnen filtreren) potentieel kan resulteren in een snellere groei. De individuele oesters in zakken of mandjes kunnen daarnaast vrij van elkaar bewegen, door onder andere de natuurlijke hydrodynamica. Op de meer beschutte locaties worden de zakken door de kweker handmatig geschud. Door deze beweging breken de groeiranden van de oesters en ontstaat er, gezien vanuit de consument, een aantrekkelijkere schelpvorm, met een goed gebolde en een vlakke oesterschelp helft. De off-bottom kweekmethode voorkomt tevens uitval door predatie van de Japanse oesterboorder, die voornamelijk op de bodem voorkomt, al worden oesterboorders ook steeds vaker in zakken gezien.

Sinds 2010 is de off-bottom kweek in de Oosterschelde langzaam aan het uitbreiden. De huidige verleende vergunningen zijn voor de locaties: Kattendijkke, Kats, Prinseplaat, Middenplaat, Hooge kraayer en Yerseke Bank 74/75. Samen bedekken ze een oppervlak van 75ha, waarvan momenteel 50ha gebruikt mag worden. Tot op heden wordt deze 50ha nog niet volledig benut. Sommige locaties liggen meer geëxponeerd waardoor de kweek van oesters op deze plekken niet altijd even goed verloopt. Hierbij kan gedacht worden aan langzame groei (in schelp en vlees) door bewegingsstress maar ook aan (storm) schade aan de systemen. Tevens is gedurende de winterperiode ook risico op ijsgang waardoor de systemen zelfs volledig weg kunnen slaan.

Als uitgangsmateriaal voor off-bottom worden voor een groot deel in **broedhuizen (hatcheries)** gekweekte oesters gebruikt. Hierdoor heeft de kweker een uniform uitgangproduct van een en dezelfde maat oester en een zekerheid van de gewenste hoeveelheid oesters bij inzet op een bepaald moment.

Een kweker kan tot consumptieformaat kweken in de off-bottom, maar er zijn ook een aantal kwekers die off-bottom gebruiken om de kritische eerste levensfasen (zie bedreigingen 1.2) door te komen. De halfwas oesters worden dan na 1 tot 1.5 jaar op de bodempercelen uitgezaaid. Kweek kan dus ook een combinatie zijn van beide kweekmethoden. Op het moment is de meest gebruikte off-bottom methode de kweek van oesters in zakken op tafels, maar er wordt ook in manden die aan lijnen of aan tafels hangen gekweekt.

### 2.2.1 In zakken op tafels

Creuse broed (**diploïde of triploïde**) vanaf maat T8 (12-16 mm en groter, zie **Error! Reference source not found.**) worden ingezet in zakken met een maaswijdte van 6 mm. Het **moment van uitzetten** is verschillend per kweker: sommigen starten in het voorjaar, anderen in het najaar. De achterliggende redenering is vaak tijd gerelateerd in combinatie met beschikbare ruimte. De late winterperiode (voorjaar) is vaak een rustige arbeidsperiode voor sommige kwekers. Dit betekent dat er tijd is om te investeren in de off-bottom kweek. Ook is er met de kerst vaak veel geleverd waardoor er weer ruimte beschikbaar is op de bestaande off-bottom systemen. Ditzelfde geldt gedeeltelijk voor de najaar periode, de kwekers hebben in deze periode meer tijd om hieraan te investeren. Een tweede reden om in het najaar de off-bottom in te zetten is de gedachte dat de oesters dan na de herpesperiode ingezet worden omdat de watertemperatuur dan laag genoeg is. Alleen bestaat hierbij altijd het risico dat er nog een herpesperiode ontstaat. Sommige kwekers redeneren terug van het oogstmoment en bepaling daarop de timing van uitzetten. Het moment van inzetten verschilt dus sterk per kweker.

Soms kiezen kwekers ervoor om groter **formaat broed** in te kopen (T10 of T12). De inkoopprijs hiervan is een stukje hoger maar ze zijn ook robuuster, lager risico voor uitval (door stress en herpes) en eerder als consumptieformaat te oogsten.



**Inzet dichtheid** en **droogvalduur** is een belangrijke factor. Hoog ingezette dichtheden zorgen bijvoorbeeld voor veel uitdun en sorteerwerk. Maar ook de vorm van de oester wordt bepaald door de dichtheid in de zakken. Uit onderzoek (Capelle et al., 2020) is gebleken dat in zakken, op locatie Kats (gepacht door Bonton) het optimale vispercentage bereikt wordt bij inzet van 4kg/zak en een korte droogvalduur van 1.5uur. Voor de optimalisatie van oesters (kg) per zak kan een inzet van 8 kg/zak worden aangehouden die samen gaat met een mindere groei en lagere conditie (Capelle et al., 2020). Gedurende het grootste gedeelte van de groeicyclus (tijdens biomassa productie) kunnen oesters in hogere dichtheden in zakken worden gehouden. Het vóór de oogst overplaatsen van oesters in lagere dichtheden en kortere droogvalduur kan maximalisatie de biomassa bewerkstelligen (Capelle et al., 2020).

In de zomerperiode moet **onderhoud** aan de zakken gepleegd worden, zoals draaien, vervangen (tussen mei en september) en opschudden (jaar rond). De groei van het oesterbroed op off-bottom locatie Kats was bijvoorbeeld hoger in de zakken die tussentijd werden vervangen (tegen de aangroei) dan in alle andere zakken (omdraaien, schoonspuiten en niets mee doen). De overleving van de oesters (broed en halfwas) werd niet beïnvloed door de behandelingen (Capelle et al., 2020).

Met **nieuwere methoden** kan de handeling opschudden door getijwerking bereikt worden, met behulp van drijvers, in de zogenaamde flipflop systemen bijvoorbeeld, of rolkoffer systemen als dat van GrainOcean.

Daarnaast worden de oesters naarmate ze groeien uitgedund. Liefst wordt dit maar 1 keer voor de hele kweek gedaan om zo min mogelijk handelingen te hoeven uitvoeren. **Uitdunnen** gebeurt voornamelijk op de kant waar gebruik gemaakt wordt van sorteermachines. Hierbij wordt meteen een **sortering** van de verschillende oestermaten toegepast en worden de oesters niet altijd op dezelfde locatie teruggeplaatst. Dit is dan vooral gericht op het terugplaatsen van uniforme grootteklassen en op het eindproduct: Welke oesters worden waar neergezet om "**op te vetten**"?

## 2.2.2 In manden aan lijnen of tafels

In de Oosterschelde worden tot nu toe enkel BST-manden gebruikt. De BST systemen zijn stormgevoeliger dan zakken op tafels. Dit heeft te maken met de bewegelijkheid van de systemen. Voor groei en overleving kan gevarieerd worden met de plaatsing van de manden t.o.v. droogvalduur. Het effect van droogval kan zijn: enerzijds een korte droogvalduur en dus een toename in groei (tussen november tot juni), en anderzijds: een langere droogvalduur waardoor er mogelijk (tussen de maanden juni tot november) minder sterfte optreedt (i.v.m. **herpes-virus**). Ook, de **plaatsing van je manden in verhouding tot stroming** binnen het perceel lijkt in het geval van off-bottom locatie Kattendijke te leiden tot een betere groei (persoonlijke communicatie Dhr. Geijssen, 2013 interview RAAK Pro Zilte Productie). Maar hier wordt momenteel helemaal geen rekening mee gehouden door de kwekers.

Ook voor deze off-bottom kweekmethode geldt dat het uiteindelijke rendement beïnvloed wordt door de keuzen van o.a. inzetmoment, formaat uitgangsmateriaal, dichtheid bij inzet, (timing van) uitdunnen/sorteren en droogvalduur.

## 2.3 Uitgangsmateriaal

### 2.3.1 Collectoren

Het uitgangsmateriaal voor oesterkweek kan ingevangen broed in het buitenwater zijn zoals in het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. In Nederland worden hiervoor op intertidale bodemkweekpercelen lege mosselschelpen als substraat gebruikt, waar op off-bottom locaties coupels worden uitgezet.

De juiste timing voor te waterlating van invangsubstraten kan worden ingeschat door het in de gaten houden van de watertemperatuur. Zodra deze richting de 17°C gaat zetten de kwekers het invangmateriaal uit. Een betere methode zou zijn door het in de gaten houden van de aantallen en de grootte van de oesterlarven in de waterkolom. Monitoring van zowel platte als creuze oesterlarven is in het verleden uitgevoerd door het RIVO/IMARES. Zie Maathuis et al., (2020) voor resultaten platte oesterlarven van (van

den Brink et al., 2013;Kamermans et al., 2004;Dijkema & Bijl 1984;Korringa, 1947). Behalve een enkele kweker, wordt dit nu niet meer structureel binnen de sector uitgevoerd.

### Lege mosselschelpen

Invangpercelen voor oesterbroed in de Oosterschelde zijn intertidale percelen (droogvallende percelen). De huidige locaties waarop oesterbroed ingevangen worden, zijn in de Oosterschelde een aantal percelen in de Zandkreek en de Yersekebank. In het Grevelingenmeer liggen de invangpercelen in de ondiepere gebieden met een diepgang tussen de 2 en 5 meter (Hartog & Wagenaar, 2020). Ingevangen oesterbroed wordt na ongeveer 9 maanden verblijf op de invangpercelen opgevist en overgebracht naar subtidale oesterkweekpercelen waar ze verder groeien tot consumptieformaat. Recent onderzoek wijst uit dat off-bottom invang m.b.v. **ingesokte mosselschelpen** meer broed per volume-eenheid ingevangen wordt dan op de bodem (Hartog & Wagenaar, 2020).

### Coupons

Coupons bestaan uit plastic schotels welke op off-bottom locaties geplaatst worden op ijzeren tafels. Het voordeel is dat ze off-bottom liggen en dus minder predatie door de oesterboorder hebben. Ook is er een snellere **groei**, in het eerste levensjaar van het oesterbroed, door betere voedselkwaliteit in de waterkolom. Hoewel ze op plekken staan waar het oesterbroed goed wordt ingevangen, zijn dat niet altijd de beste locaties voor opgroei. Voor nog snellere groei zou het oesterbroed continu onder water moeten staan. Broedjes van coupons zijn platter van **vorm**, t.o.v. broed uit hatcheries, die vanaf de start al een mooie schelpvorm hebben. Je moet dus veel meer werken aan de vorm in het 2e levensjaar. Ook is het **arbeidsintensief** om de broedjes van de collectoren af te halen.

Voor beide invangmethode geldt dat naast de timing van inzetten ook de timing van verplaatsen van je schelpen of het moment waarop het broed van de coupons wordt gehaald belangrijk is. Gebeurt dit te vroeg, dan zijn de broedjes op de coupons te klein en is er teveel schade en dus verlies. Doe je dit te laat dan is er onderlinge competitie in voedsel en ruimte. Het oesterbroed is tevens ook vatbaar voor het Herpes-virus. Deze combi kan leiden tot extra uitval.

### 2.3.2 Hatchery

Behalve het invangen van oesterbroed met coupons en proefsgewijs met mosselschelpen in zakken, maakt men in de off-bottom systemen veel gebruik van oesterbroed geproduceerd in speciale kwekerijen, hatcheries. In deze hatcheries worden geselecteerde ouderdieren aangezet tot voortplanting, waarna de larven onder gecontroleerde omstandigheden worden opgekweekt. De opkweek gebeurt tot een specifiek formaat (afhankelijk van de klant) waarna ze naar het buitenwater kunnen. Zowel platte als Japanse oesters kunnen in hatcheries onder gecontroleerde omstandigheden gekweekt worden. Hoewel het voor Europese hatcheries nog lastig is om betrouwbare hoeveelheden platte oesterbroed te produceren, is de techniek voor Japanse oesters al goed doorontwikkeld. Voor Japanse oesters is selectie op bepaalde kenmerken mogelijk, zoals overleving van het broed onder blootstelling aan het herpes virus (Kamermans et al., 2015). Dit biedt perspectieven voor de ontwikkeling van Creuses met een **hogere resistentie tegen het herpes-virus** (Kamermans, 2019). In het EU project VIVALDI heeft WMR samen met WBVR, WLR, Ifremer, Labogena en de hatchery van de Roem van Yerseke overleving getest van verschillende families Japanse oesters bij blootstelling aan het herpesvirus. Sommige families vertoonden 100% overleving en andere 0%. Als het oesterbroed enkele millimeters groot is, wordt het in een FLUPSY (FLoating UPweller System) geplaatst, dat kan in buitenwater zijn, maar ook in bijvoorbeeld een nursery, waar gefilterd zeewater gebruikt wordt. Hier groeien de jonge oesters verder en zijn ze, in geval van buitenwater, beschermd tegen **predatie** totdat ze de gewenste grootte hebben bereikt om in de off-bottom systemen uitgezet.

Het grote voordeel van hatchery oesters is dat de kweker regie heeft over wanneer en met welke grootte hij de oesters kan inzetten. Ook is dit oesterbroed uniformer en mooier van vorm dan natuurlijk ingevangen



oesters. Een nadeel is dat dit broed ziekteverwekkers met zich mee kan dragen zoals het oesterherpesvirus (Abbadi et al., 2018).

### 2.3.3 Diploïde en triploïde Creuse oesters

Naast de gebruikelijke Creuse oesters die twee paar chromosomen hebben (diploïde) zijn er ook Creuse oesters met drie paar chromosomen (triploïde). Door het extra paar chromosomen zijn triploïde oesters steriel, waardoor ze zich niet voort kunnen planten. Omdat geen energie wordt gebruikt voor het ontwikkelen van geslachtsorganen en voortplanting kunnen triploïde oesters sneller groeien (Nell & Perkins, 2005). Daardoor bevatten ze meer vlees in de periode dat andere oesters paaien en daardoor gewicht verliezen en kunnen deze oesters ook in de zomer verkocht worden (Nell & Perkins, 2005). Triploïde oesters zouden ook beter resistent zijn tegen stressvolle condities en daardoor een lagere sterfte vertonen (Gagnaire et al., 2006; Garnier-Géré et al., 2002). Het gebruik van triploïde oesters verkort het productieproces van 3 naar 2 jaar.

### 2.3.4 Inkoop halfwas /consumptieoesters

Bij gebrek aan voldoende oesters worden ook wel halfwas- of consumptie-oesters ingekocht. Dat is kostbaar maar aan de andere kant, hoe minder tijd de oesters hebben tot ze consumptiegrootte bereiken, hoe minder de kans is op uitval. Dit gebeurt echter maar op zeer kleine schaal, i.v.m. kostbaarheid.

Hieronder een overzicht van de verschillende broed en halfwasmaten die verkrijgbaar zijn:

*Tabel 2 Overzicht broed en halfwasmaten (cursief gedrukt: Roem van Yerseke Hatchery). Stuks per kg, gewichtsrage, kweekadvies en kweektijd tot consumptieformaat (overige maatgeving: France Naissain, 2021)*

Size	Stuks per kg	Geschatte gewichtsrage (gram)	Kweekadvies	Resterende kweektijd tot consumptieformaat
T2		0.005-0.01		
T4		0.03-0.05		
T6		0.08-0.12		
T8		0.15-0.25		
T8	1500-3000	0.33 - 0.67	In zakken met maaswijdte 7	20 - 30 maanden
Kleine halfwas				
T10	450-1000	1 – 1.22	In zakken met maaswijdte 7	18 - 24 maanden
T12	300-450	1.5 – 3.33	In zakken met maaswijdte 7 of 9	18 - 24 maanden
T15	200-300	3.33 - 5	In zakken met maaswijdte 9	18 - 24 maanden

T18	100-200	5 – 10	In zakken met maaswijdte 9	18 - 24 maanden
T20	75-100	10 – 13.5	In zakken met maaswijdte 14	
T25	55-75	13.5 – 18		
Grote halfwas:				
30	30-45	20-33		
35	20-30	33-50		
35	>20	> 50		

## 2.4 Kennisgaten in het productieproces

Omdat er in Nederland twee verschillende soorten oesters gekweekt worden, namelijk Creuse en Platte, in twee systemen (Oosterschelde en Grevelingenmeer) en op verschillende manieren (op de bodem en off-bottom) is er gekozen om voor de beoogde factsheets mijlpaal drie aparte kweeklijnen in kaart te brengen:

- Bodemkweek van platte oesters in de Grevelingen
- Bodemkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde
- Off-bottomkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde

### Kennisgaten die er nog liggen uitgegaan van de verschillende kweeklijnen

Door het gehele productieproces van beide oestersoorten in kaart te brengen is het mogelijk cruciale momenten en handelingen in het kweekproces van oesters te identificeren. Op basis van het in dit hoofdstuk beschreven productieproces zijn hieronder de knelpunten, kennisgaten en/of verbeteringsmogelijkheden per kweektijdlijn in vraagvorm neergezet. Deze vragen vormden de input voor interviews en vraaggesprekken met kwekers zelf, en dienen tevens als input voor de literatuurstudie (Hoofdstuk 4).

#### 1) Bodemkweek platte oesters in het Grevelingenmeer

- Hoeveel substraat voor oesterbroedinvang wordt er op bodempercelen uitgestrooid (kg/m<sup>2</sup>? Of kuub/ha of perceel)?
- Hoelang blijft dat substraat liggen oftewel, hoelang groeit het broed op invangperceel op?
- Dichtheid opbrengst: X kg uitgestrooid substraat = hoeveel kg consumptie formaat?
- Wat wordt er aan 'onderhoud' gedaan op de percelen om beter rendement te krijgen?

#### 2) Bodemkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde

- Hoeveel substraat voor oesterbroedinvang wordt er op bodempercelen uitgestrooid (kg/m<sup>2</sup>)? Of kuub/ha of perceel)?
- Hoelang blijft dat substraat liggen oftewel, hoelang groeit het broed op invangperceel op?
- Dichtheid opbrengst: X kg uitgestrooid substraat = hoeveel kg consumptie formaat?
- Interesse in invang in waterkolom?
- Wat is het effect van de oesterboorder en herpes op overleving?
- Waar liggen kansen voor kweek platte oester in de Oosterschelde? (Noordtak?)

### 3) Off-bottomkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde

- Hoe combineren kwekers off-bottom en bodem kweek in hun proces (wanneer en waarom)? Cruciale grootte voor bodem succes?
- Stocking densities: oestermaat per mand?
- Moment van uitzetten en formaat uitgangsmateriaal? En wat is de achterliggende redenering?
- Uitdunnen/sorteren: hoe vaak en wanneer? Of alleen als tijd/plek het toelaat?
- Droogvalduur en locatie in farm: wordt daar nu mee gevarieerd door kwekers? Waarom wel/niet?
- Na het opkweken van broed wordt er het liefst nog een keer gesorteerd tot verkoop: welk formaat en hoeveel per zak/mand en positie in farm?
- Hoe om te gaan met herpesvirus? Droogval? Hoogte in de off-bottom?
- Effect positionering binnen farm, en ten opzichte van stroming voor optimale groei?
- Coupel invang: groei vs timing oogst en vervorming – te optimaliseren?
- Wat is de inkoopprijs van halfwas/consumptie/Dipliode/Triploide?
- Welke grootteklasse kopen kwekers in (broed/halfwas/consumptie) en waarom?
- Wanneer is een oester geschikt voor consumptie, waarop selecteert de kweker precies?

### 3. Kennis uit interviews

In vraaggesprekken met een 6-tal kwekers is de verschillende praktische kennis voor de verschillende kweeklijnen geïnventariseerd.

#### 3.1 Bodemkweek platte oesters in het Grevelingenmeer

Platte oesters in het Grevelingenmeer worden ingevangen door lege mosselschelpen op bodempercelen uit te strooien. Kweker 1 plaatst gemiddeld 50 kuub mosselschelpen per hectare op de bodem. Hij laat vervolgens het platte oesterbroed volledig met rust. Op de vraag of er tussentijds onderhoud gepleegd wordt op deze percelen is het antwoord nee. Waar het platte broed ingevangen wordt, daar groeien ze ook op en verstoring moet het liefst zo min mogelijk zijn. Wel wordt er na het invangseizoen een sleepje gedaan om te kijken of en hoeveel broed er op de schelpen gevallen is. Dit wordt tijdens het verder kweekproces nog een aantal keren uitgevoerd. Voorafgaand aan het uitzaaien van de mosselschelpen wordt het perceel schoon gevestigd. Dat houdt in dat grote bonken oesters en mogelijk predatoren e.d. verwijderd worden.

De opbrengst verschilt per jaar en is afhankelijk van de broedval 3 tot 4 jaar eerder. Zo werden bij kweker 1 in 2018/2019 1600 kisten platte oesters geoogst van 7.5 hectare waarop 300 kuub lege schelpen is uitgezaaid en maar 900 kisten van eenzelfde perceeloppervlak het seizoen ervoor (2017/2018). Broedval en locatie zijn hier van invloed. Kweker 1 is zeker geïnteresseerd in invang van plat broed in de waterkolom.

#### 3.2 Bodemkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde

De hoeveelheid mosselschelpen die per perceel of hectare uitgezaaid worden voor invang van Creuse broed verschilt sterk van kweker tot kweker. Na schoonvissen van het perceel zaait kweker 3 bijvoorbeeld 3500 kuub mosselschelpen per 5 ha (500/ha), maar een andere kweker (4) varieert van 100 tot 2000 kuub per 5 hectare. Kweker 5 denkt tussen de 2000 tot 5000 kuub per jaar uit te zaaien op zijn percelen en weer een ander (3) werkt met 1000 kuub per perceel, maar weet ook dat die hoeveelheden in de toekomst niet meer haalbaar zijn vanwege mosselschelpstekorten.

Met open korren wordt er vervolgens overheen gegaan voor een betere verdeling van het schelpmateriaal. Veel kwekers laten het broed het hele kweekproces liggen op het perceel waar het ingevangen is, dus tot 3.5 jaar. Anderen (2) laten het 2 jaar liggen en verplaatsen het daarna naar andere percelen. Weer een andere kweker (5) laat het afhangen van de locatie, maar ook van de hoeveelheid tijd die beschikbaar is. Qua onderhoud wordt in sommige gevallen voor een betere vorm van het product met open korren over de oesters heen gegaan om de groeiranden/rokken te beperken. Op de bodempercelen wordt er veelal maar 1 keer in het kweekproces gesorteerd, vaak wanneer tweejarig broedpercelen worden opgevestigd. Voor de beste overleving is het beter om oesters pas vanaf 4 centimeter op de bodem te plaatsen (vanuit de off-bottom bijvoorbeeld). Dit heeft te maken met de gevoeligheid voor het Oester herpes virus als de oesters langer onder water staan en predatie door de oesterboorder die bij voorkeur op kleiner formaat predeert. De oesters op de percelen worden met rust gelaten tijdens de herpes periode, en ook de juvenielen worden met rust gelaten.

#### 3.3 Off-bottomkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde

Als start voor off-bottom kweek wordt steeds vaker broed uit de hatchery gebruikt in plaats van coupel invang. De kwekers die met coupels (o.a. kweker 5) hebben gewerkt hebben hun coupel systemen te koop gezet. Creuse broed moet, wil je het makkelijk van de schotels afhalen, al redelijk groot zijn en tegelijkertijd is dan het risico op schelpvorming (ondiepe – platte vorm) ook groot. Kwekers noemen tevens de risico's op uitval en competitie beschreven onder 2.3.1. De hatchery startformaten (zie tabel 3) die gebruikt worden door kwekers variëren enorm. Kweker 2 begint met T8 (rond 1000 stuks) in zakken op tafels, een ander (kweker 3) kiest voor 1500 broedjes van T6 formaat in zakken op tafels, terwijl weer een ander start met T15. Een en anders is ook sterk afhankelijk van wanneer bepaalde formaten broed beschikbaar zijn en wat men vrij heeft qua off-bottom ruimte.

De dichtheid waarmee kwekers starten bepaald ook min of meer hoe vaak er gesorteerd moet worden. Tafeloesters worden 2 tot 3 keer tijdens het proces gesorteerd. Maar sortering is volgens kweker 5 volledig afhankelijk van je kweekstelsel en de locatie waar je kweekt. Kweker 5 sorteert 'met regelmaat' en zegt dat e.e.a. ook afhankelijk is van de handel, waar de meeste vraag naar is. Ook zijn bedrijf is nog aan het

zoeken naar hoe vaak en wanneer sorteren nodig is om het meeste rendement op te leveren. Een andere kweker (6) en dat is van horen zeggen het meest gebruikelijke sorteert 1 a 2 keer gedurende de off-bottom periode. De kweker (3) die met 1500 T6 broedjes start, zet de broedjes na groei over in een groter formaat zak, maar zonder uitdunnen, dat gaat min of meer vanzelf.

Inkoop van broed, halfwas en/of consumptie is afhankelijk van de markt, van wat beschikbaar is. Het liefst wil je gespreid bezig zijn zodat je kan leveren wanneer er vraag is. Oesters voor de handel, vanaf ongeveer 50 gram) worden geselecteerd op visgewicht, maat vraag uit de handel (zie voorgaande tabellen) en vorm.

Er zijn kwekers die, overigens wel afhankelijk van de hun toegewezen locatie, kunnen spelen met positionering in hun farm om rendement te verbeteren. Kleinere formaat broed wordt bijvoorbeeld door kweker 6 op plekken gezet die langer droogvallen. Dit zorgt voor hogere overleving in de herpes-periode. Groter broed daarentegen wordt dieper geplaatst. Kweker 5 bevestigt dat positionering binnen een farm wel degelijk effect heeft, ook op groei en verwacht dat dat te maken heeft met stroming. Op bepaalde plekken groeien ze gewoon sneller dan op andere plekken. Dat weet je op een gegeven moment van je eigen locatie en daar moet je op in proberen te spelen.

De combinatie van off-bottom met bodemkweek in het productieproces is niet met een schaarje te knippen. In het algemeen geldt dat hoe groter de oesters zijn die je van naar de bodem brengt hoe beter het resultaat. Dat heeft te maken met predatie door de oesterboorder en de oesters hebben inmiddels ook de gewenste vorm gecreëerd. Voor dit resultaat moet er een langere periode geïnvesteerd worden in de off-bottom, wat arbeidsintensiever is. Sommige kwekers gaan met halfwas van off-bottom naar de bodem als er te weinig handel is bijvoorbeeld. Een ander (5) sorteert de snelle groeiers in de off-bottom van de langzame groeiers en gooit de langzame groeiers op een bodemperceel dat bijvoorbeeld nog anderhalf jaar moet.

## 4. Literatuurstudie

In dit hoofdstuk is aanvullende literatuur opgenomen die niet of onvoldoende beantwoord is tijdens de interviews beschreven in het voorgaande hoofdstuk en mogelijk (handelings)perspectieven bieden voor rendementsverbetering in Zeeuwse kweekgebieden. Het is opgedeeld in twee thema's: kweekhandelingen en effecten van omstandigheden.

### 4.1 Kweekhandelingen

Praktische vragen die nog open staan en niet goed door de kwekers beantwoord kunnen worden zijn bijvoorbeeld: wanneer laat je off-bottom oesters met rust, is dat temperatuur afhankelijk? Welke opbrengsten haal je nu -vaak geredeneerd in aantal kisten- van een bodemperceel af. En waarvan zijn vul dichtheden (off-bottom) afhankelijk? Welke management mogelijkheden/ handelingen zijn er überhaupt en worden in Zeeland gebruikt?

Hieronder de informatie uit de literatuur met betrekking op kweekhandelingen. Niet alle vragen kunnen vanuit de literatuur beantwoord worden en zullen in (vervolg)experimenten opgepakt worden.

#### 4.1.1 Dichtheid in off-bottom systemen

Dichtheid van oesters in off-bottom systemen is een belangrijke bepalende factor voor productkwaliteit. Er bestaat een algemene vuistregel van 'een derde', die door de meeste oesterkwekers wordt gehanteerd (Comeau et al., 2011). Dat betekent dat mandjes of zakken tot een derde gevuld worden, waarna oesters groeien tot de mandjes ongeveer driekwart vol zijn, waarna er weer uitgedund wordt tot een derde van het volume. Deze werkwijze geeft (mits kweekomstandigheden zoals voedsel, temperatuur en hydrodynamiek goed zijn) een uniformere en aantrekkelijker vorm, doordat de oesters de ruimte blijven houden om te bewegen (Davis, 2013). De aantallen zijn voor ieder type off-bottom systeem anders, en ook voor iedere kweekfase. Voor *C. virginica* broedjes van bijvoorbeeld 23 mm wordt aangeraden om te werken met 1000-2000 per zak en voor oesters vanaf 49mm tussen de 500 en 750 (Davidson, 2001). Het effect van dichtheid op productkwaliteit van halfwas oesters (*C. virginica*) in BST-mandjes is onderzocht door Davis 2013, die startte met oesters van 50mm in een dichtheid van 75, 90 en 105 stuks per mandjes. In deze studie waren de schelpen in een dichtheid van 105 significant langer, maar de behandelingen met 75 stuks per mandje hadden een betere kwaliteit dan de hogere dichtheden in termen van conditie index en cupvorm. De extra lengtegroei in de hogere dichtheden is waarschijnlijk ten koste gegaan van de groei in diepte en in vlees, en resulteerde dus uiteindelijk in een minder aantrekkelijk eindproduct. Hoewel deze studies gericht waren op *C. virginica* in andere systemen, zullen dichtheidseffecten vergelijkbaar zijn voor Creuze oesters. Op basis van de resultaten van (Capelle et al., 2020) wordt ook aangeraden om de periode voorafgaand aan oogsten naar lagere dichtheden te gaan om het vleesgewicht/CI een boost te geven (zie 2.2.1).

#### 4.1.2 Effecten van stress en kweekhandelingen

Alle kweekmethoden van oesters ondergaan een bepaalde mate van stress en dat is niet te voorkomen. Kweekhandelingen kunnen stress veroorzaken, maar er bestaan ook natuurlijke stressoren, zoals gevonden is tijdens de periode van gonaden aanmaken (Li, 2008) of stress door grote temperatuurschommelingen (Zhu et al., 2016). Stress kan een oester verzwakken en vatbaar maken voor o.a. ziekten en uiteindelijk sterfte. Het is daarom belangrijk om te achterhalen wanneer perioden van stress bij oesters het grootst kunnen zijn, om daar de timing of intensiteit van kweekhandelingen op aan te passen, zodat stress-op-stress voorkomen kan worden. (Cheney et al., 2000) heeft vastgesteld dat accumulatie van stressoren, zoals stress door omgevingsfactoren plus meerdere kweekhandelingen, verhoogde nadelige effecten op oesters veroorzaken.

Zonder in te gaan op hoe stress gemeten wordt in de literatuur, zijn er bij een onderzoek in Australië door Li (2008) significante stress-levels gemeten wanneer Creuze oesters blootgesteld werden aan:

- Zowel langzame als snelle temperatuursveranderingen
- Verschillende droogvalperiodes met verschillende lucht temperaturen
  - Ook nog stresslevels tijdens herstel na bovenstaande lucht blootstelling



- Uithongering
- Ontwikkeling van gonaden
- Paaien en tijdens herstel na paaien
- Sorteren met (verschillende soorten) sorteermachines
  - Ook nog stresslevels tijdens herstel na bovenstaande sortering

In een vergelijkende studie tussen diploïde en triploïdie *Crassostrea virginica* oesters, was het opvallend was dat mortaliteitseffecten als gevolg van veel stress in triploïde oesters significant groter waren (Bodenstein et al., 2021). 48 uur droogzetten bijvoorbeeld leidde al tot meer dan 50% mortaliteit t.o.v. de controle, terwijl diploïde oesters alleen een verhoogde mortaliteit lieten zien wanneer 48 uur droogzetten gecombineerd werd met mechanische stress (draaiende sorteermachine), met een mortaliteit van nog geen 40%. Ook voor triploïde Creuse oesters is gevonden dat de mortaliteit hoger is bij stress tijdens perioden van hogere temperaturen t.o.v. diploïde (Cheney et al., 2000).

### **Kweekhandelingen en best practices uit Australië i.r.t. mortaliteit**

Een interview survey met Australische off-bottom kwekers van Creuse oesters wijst uit dat voornamelijk juveniele Creuse de grootste mortaliteit hebben. Sommige kwekers ervaren de grootste mortaliteit tijdens sorteren van juveniele tot halfwas oesters (25-60mm), van volwassen oesters wordt de mortaliteit geschat op 1 a 2 procent per sortering. Let wel, de meeste Australische kwekers sorteren 2-10 keer (afhankelijk van stocking) omdat de hele kweekcyclus tot consumptie wordt uitgevoerd in BST of RR (Rack and Rail) off-bottom systemen.

Enkele highlights uit de betreffende survey die van belang kunnen zijn voor Zeeuwse kweek: sortering wordt gestopt (= geen handelingen) in de voortplantingsperiode. In de zomer wordt er tegenwoordig zo min mogelijk aan de oesters gezeten en vooral niet wanneer de buitentemperatuur boven de 32°C is. Mortaliteit is daardoor 10 x lager gebleken ten opzichte van wel sorteren tijdens de zomermaanden. Gesorteerde oesters in off-bottom mandjes worden nog dezelfde dag teruggeplaatst op de farm, dus geen nacht droog tijdens de zomer. Een enkele Australische kweker durft dat overigens wel in de winter aan.

## 4.2 Effecten van omgeving

Vragen die er liggen omtrent effecten van de omgeving waar de oesters in gekweekt worden liggen in hydrodynamiek, droogvalduur, en stress door andere omgevingsfactoren. Solokova et al (2012) beschrijft dat omgevingsstress de energiebalans van schelpdieren sterk kan beïnvloeden vanwege de extra energie die het kost om de homeostase te herstellen en te behouden, wat de inwendige systemen betrokken bij het metabolisme onder druk kan zetten.

### 4.2.1 Effect van stroming en golfslag op rendement

Hydrodynamica beïnvloedt de oesters in elke fase van de kweek: juveniel, halfwas en volwassen oester. Stroming bepaalt onder andere groeipotentie (voedselflux), maar stroomsnelheid en golfslag kunnen ook effect hebben op de stress die oesters ervaren in off-bottom kweeksystemen. Stroming kan ook schudden en beweging veroorzaken en hoewel dat tot een bepaalde mate wenselijk is voor een goede vorm en het kwijtraken van de zogenaamde groeiranden of rokken, kan een te grote hydrodynamica de oesters negatief beïnvloeden. Over mechanische stresslevels in off-bottom systemen zijn nog weinig studies uitgevoerd. Het lijkt erop dat verlies en schade aan systemen als gevolg van golfslag/stroming door storm eerder het rendement beïnvloeden dan stress (bijv. gereduceerde groei) of verminderde klep opening door te grote stroomsnelheden (Walne, 1979 in Pogoda 2011). In een studie naar off-shore kweekpotentie van oesters in Duitsland, is groei van Creuse oesters in lantaarnnetjes op verschillende locaties bijgehouden (Pogoda et al., 2011). Op uitzondering van 1 locatie was groei en vorm van de oesters overal goed, maar de locatie waar dat niet het geval was, waren de oesters afgestompt en geschuurd, hadden een dikkere schelp en waren kleiner. De vorm van de Creuse wees hier op mechanische stress door te sterke getijstromen en/of golfslag, maar het leek geen effect te hebben op overleving. Hieruit kan voorzichtig geconcludeerd worden dat te sterke stroming en/of golfslag kan resulteren in schade aan systemen zelf en verminderde groei en vorm van oesters, maar geen verhoogde oesteruitval veroorzaakt.

#### 4.2.2 Effect van droogvalduur (off-bottom)

Oestertafels zijn 100 tot 120 cm hoog, gezien vanaf de bodem. Afhankelijk van de off-bottom locatie worden alle oesters in de off-bottom systemen een periode, gedurende laag water, blootgesteld aan droogte. Dit is het moment waarop de oester zich even niet in het water bevinden, hun klep sluiten en in die periode geen adem kunnen halen of voedsel kunnen filteren. De zogenaamde droogvalduur kan bepaalde effecten hebben op de oesters, zoals:

- groei(snelheid) voor schelp en/of vlees. Er kan alleen voedsel gefiltreerd worden als de oesters zich onder water bevinden.
- stressoren. Extra beweging/schuren bij opkomend- en afgaand water en eventuele snelle opwarming door zon.

#### **Effect droogval op groei**

Als er gekeken wordt naar de droogvalduur van de oesters kan er onderscheidt gemaakt worden in effect op overleving en groei. Over het algemeen kan gezegd worden. Hoe langer de droogvalduur van de oesters, des te eerder zal er sterfte optreden en neemt de netto individuele productie af (energie die schelpdieren steken in schelp- of vlees-groei/herstel). Bij een droogvalduur van 45% tot 85% gaat er 35% tot 50% energie verloren dus neemt de netto individuele productie af. Voor de groeisnelheid geldt dat deze afneemt als de droogvalduur toeneemt. Bij een toenemende droogvalduur van 10% tot 60% neemt de groeisnelheid van de oesters met af met 0.6% tot 1.2% (Gillmor, 1982). Dat de groei afneemt als de oester een langere droogvalperiode hebben is te verklaren omdat ze korter de tijd hebben om voedsel uit het water te filteren. Dat deze afname in schelpgroei waar te nemen is in zowel kleine als grotere oesters gedurende het gehele groeiseizoen toont het onderzoek uitgevoerd in Amerika op *Crassostrea virginica* (Bartol et al., 1999).

#### **Stress door beweging & opwarming bij droogval**

Dat er stressoren zijn die effect kunnen hebben in de ontwikkeling van oesters die off-bottom gekweekt worden lijkt logisch. Van nature liggen oesters op eenzelfde vaste plek, welke ze uitkiezen als het nog zwemmende larven zijn. De omstandigheden van de oester verandert niet gedurende de levenscyclus. Dat is anders voor off-bottom oesters in zakken of manden. De oesters zitten los in een kweekstelsel, hebben ze te maken met droogval, handelingen en worden daardoor blootgesteld aan wisselende beweging en temperatuurfluctuaties.

Onderzoek naar de kerntemperatuur van oesters tijdens droogval is erg lastig uitvoerbaar en nog niet veelvuldig uitgevoerd. Het onderzoek van (Potter & Hill, 1982), toont dat er mortaliteit van de Sydney Rock Oyster (*Saccostrea glomerata*) optreedt bij hoge temperaturen in november (watertemperatuur 24 t-27°C en luchttemperatuur 30 tot 36°C). Uit het onderzoek blijkt dat het weefseltemperatuur van oesters, met een lengte van 60–75 mm en een schelpdikte van 2.5mm, ongeveer 10°C boven de luchttemperatuur komt als deze voor 1.5uur blootgesteld worden aan warmte door zonlicht. Doordat de oesters geopend zijn om de weefseltemperatuur vast te stellen kan hier geen uitspraak over de mortaliteit gedaan worden.

#### 4.2.3 Effect van watertemperatuur/stress

#### **Handelingsperspectieven om uitval door herpes te verminderen**

OshV-1 geïnduceerde sterfte neemt af met toenemende grootte van oesters. Juveniele oesters (<20mm) zijn gevoeliger voor herpes geïnduceerde sterfte (tot 96%). Dit percentage neemt af met toenemende oestergrootte (de Kantzow et al., 2017). Naast het effect van grootte lijkt er ook een effect van inzet dichtheid op sterfte te zijn. Gemiddelde inzet dichtheid resulteert in minder sterfte zorgen dan een lage of hoge inzet dichtheid (voornamelijk bij broed) (de Kantzow et al 2017). Alhoewel een hoge inzet dichtheid geassocieerd wordt met hogere mortaliteit (Petton et al., 2015) wordt er voor de hogere mortaliteit bij lage inzet dichtheid in de Kantzow et al (2017) geen verklaring gegeven.

Naast de hoge virulentie van OshV-1 (al na 1.5u co-inhibitie kan deze overgebracht zijn op pathogeen vrije 'ontvangers') is er ook een cumulatief effect waargenomen van blootstelling tot deze pathogenen (Petton et al., 2019). Uit voorgaand onderzoek van (Petton et al., 2015) blijkt dat risico op sterfte groter is wanneer oesters blootgesteld worden aan hogere dichtheden geïnfecteerde biomassa en kleiner is bij hogere verversingssnelheden. Ook is er meer sterfte waargenomen bij wilde oesters als gevolg van OshV-1  $\mu$ var

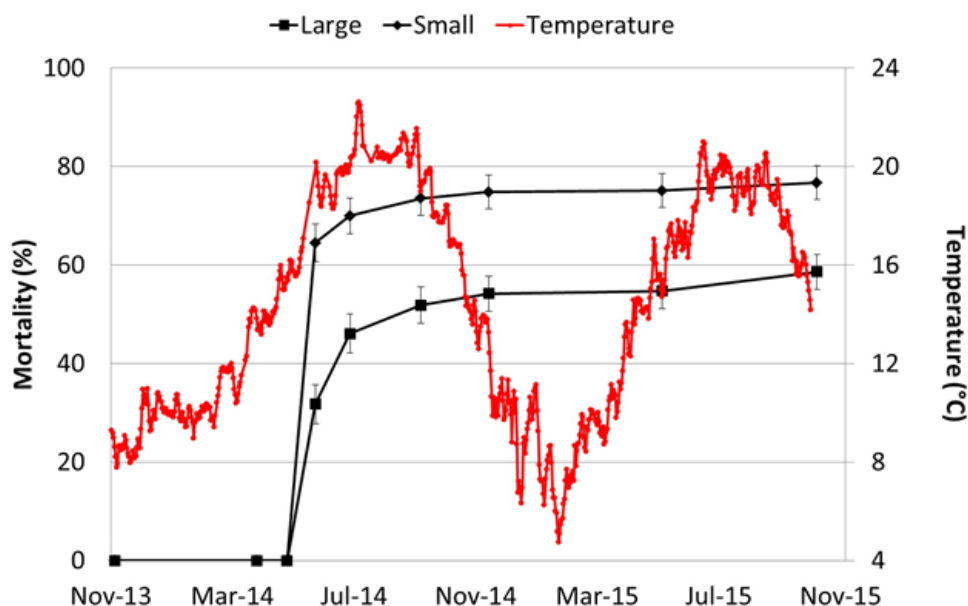
(in tegenstelling tot exemplaren afkomstig van een broedhuis). Gesuggereerd wordt dat OsHV-1, na infectie zich in zijn gastheer kan vestigen zonder sterfte als gevolg, gedurende de winter (<16°C) in zijn gastheer blijft en pas resulteert in sterfte wanneer temperatuur de kritieke waarde van >16°C bereikt (Arzul et al., 2002; Dégremont, 2013; Dundon et al., 2011).

Onderzoek wijst uit dat resistentie tegen OsHV-1 toeneemt met toenemend gewicht en levensfase van de oester. Wat kan wijzen op een ontwikkeling van het immuunsysteem van oesters tegen het virus (Dégremont, 2013). Genetica vormt de basis voor OsHV-1 resistentie voor infectie bij halfwas, en adulte maar ook bij juveniele oesters (Azéma et al., 2017a). De selectieve kweek van oesters kan zorgen voor een hogere resistentie tegen OsHV-1 in een eerder levensstadium.

Naast selectieve kweek kan het 'tactisch' inzetten van broed resulteren in een afname van sterfte. Met 'tactisch' wordt bedoeld dat wanneer broed ingezet worden bij temperaturen  $\leq 13^\circ\text{C}$  (in de maanden december en januari) of  $\geq 25^\circ\text{C}$  (in augustus) (Carrasco et al., 2017). Dit kan leiden tot 2-80% minder sterfte als gevolg van herpes.

Azéma et al., (2017b) beschrijft temperatuur gerelateerde mortaliteit in de eerste twee jaar na uitzetten van T8 en T15 oesters in de maand november van 2013 (figuur 2).

Mortaliteit begon in april/mei het daaropvolgende jaar wanneer de temperatuur boven de 16°C kwam. De grootste mortaliteit vind dan ook plaats, met 60 a 70% voor kleine en 40 a 50% voor groter spat. Verdere mortaliteitsontwikkeling blijft min of meer gelijk, en de daaropvolgende herpes periode in het tweede jaar bleek mortaliteit vrijwel verwaarloosbaar.



Figuur 2 Gemiddelde cumulatieve mortaliteit ten opzichte van watertemperatuur. Mortaliteit in % ( $\pm$ SE) van klein (T8) en groot (T15) broed over een periode van 2 jaar (uit Azéma et al 2017b)

### Recente inzichten m.b.t. OsVH-1

Een paar punten uit recente OsHV1 vs mortaliteit studies: wanneer resistente ouderparen gebruikt worden, geeft dit een daling van 85-91% tot 32-33% in mortaliteit van broed (range T8 - T15), waarbij geen verschillen zijn gevonden tussen diploide en triploide oesters (Dégremont et al., 2016). OsHV1 resistentie voor larven hoeft niet perse resistentie voor broed te betekenen. Ze kunnen als larven, hoewel blootstelling niet resulteerde in mortaliteit, wel OsHV1 DNA opslaan dat later actief kan worden als temperaturen juist zijn. Onderzoek naar familiejnen die op verschillende leeftijdsfasen resistent zijn voor OsHV1 is nodig (Agnew et al., 2020; Divilov et al., 2019). Van 12 stocks Creuse oesters stocks getest op vatbaarheid in Dégremont et al., (2021) was er maar 1 die OsHV-1 resistent was van larve tot juveniel. Dat temperatuur de grootste stuurder is in OsHV1 vatbaarheid blijkt uit onderzoek van (Delisle et al., 2018). Hoewel normaal gesproken de range van 16-24°C aangehouden wordt voor virusactiviteit, blijkt dat de heftigheid

(virulentie) van het virus bij 26°C vergroot, maar bij 29°C waren oesters minder vatbaar voor het virus, en overleving van de oesters die bij 29°C geïnfecteerd waren was hoger dan infectie bij lagere temperaturen. Of dit mogelijk toekomst hoop biedt in het licht van global warming is hoogst onwaarschijnlijk omdat ook virussen zich continue ontwikkelen en aanpassen.

Behalve temperatuur kan ook voedselbeschikbaarheid impact hebben op mortaliteit i.r.t. OsHV1. Snellere groei wordt gecorreleerd met hogere vatbaarheid voor OsHV1 (Azéma et al., 2017b). Dit kan indirect ook een verwijzing zijn naar de hogere mortaliteit gevonden onder triploïde oesters vs diploïde in de Zeeuwse wateren. Triploïde groeien immers sneller. Maar, bij Azéma et al., (2017b) moet weliswaar de kanttekening gemaakt worden dat de langzaam groeiende oesters ook een kortere inundatietijd hadden, waardoor ook blootstelling aan het virus zelf minder lang is, dit strookt met de resultaten die eerder in een off-bottom proef bij Kattendijke (OSWD perceel) gevonden zijn. Het is bewezen dat kortere inundatietijd leidt tot betere overleving van broedjes in een herpes-omgeving, maar het is nog onbekend of dat komt door de kortere blootstellingstijd aan het virus zelf, de langzamere groei of een andere factor. Mogelijk vervolgonderzoek kan uitwijzen of het effect van groei en reserves is, of dat het een effect van blootstellingsduur aan het virus is.

### 4.3 Take-home messages uit literatuur

Hieronder kort de belangrijkste punten uit de literatuurstudie samengevat, kijkende naar potentiële kweekhandelingen of keuzes die mortaliteit verminderen, groei verbeteren en dus mogelijk rendement kunnen verbeteren.

- Halfwas oesters in te hoge dichtheden kan resulteren in ondiepere schelpen met minder vlees t.o.v. halfwas oesters die in lagere dichtheden gehouden worden (BST – *C. virginica*)
- Sterke getij stromen of golfslag heeft een negatief effect op groei en vorm, maar lijkt geen mortaliteit als gevolg te hebben, eerder verlies van stock door stukgeslagen systemen.
- *C. gigas* ervaart stress bij droogval, voortplanting, machinesortering, temperatuursveranderingen.
- Na anderhalf uur droogval bij een temperatuur boven de 30°C kan de temperatuur van oestervlees bij warme temperaturen 10°C stijgen – substantieel!!, maar onbekend of dat verhoogde mortaliteitseffecten geeft.
- Australische praktijk: geen handelingen wanneer temperatuur 32°C of hoger is.
- Triplo's lijken gevoeliger voor mortaliteit als gevolg van stress op stress
- Herpes uitval kan in toekomst verminderd worden door gebruik te maken van resistent hatcherybroed, families moeten bij voorkeur resistent zijn voor larvale en juveniele fasen.
- Beginnen met groter formaat vergroot overlevingskansen als gevolg van herpes (figuur 2), maar ook het tactisch inzetten van broed zoals dat in Portugal gedaan wordt op basis van temperatuur en broedgrootte (Carrasco et al 2017) kan uitval verminderen.
- Meer verversing in de farm of systeem kan impact van herpes mogelijk beperken (WP3 – kanskaart?)
- Uitzet van broed in het najaar zorgt voor minder uitval.

## 5. Discussie

### 5.1 Cruciale momenten en kweekhandelingen

Het meest cruciale moment in het kweekproces van Creuse oesters is de eerste zomer, wanneer de temperatuur boven de 15°C komt en er een enorme uitval plaatsvindt. Hoewel uitval niet te voorkomen is, is het te verminderen door voor een langere droogvalduur te zorgen gedurende die periode (alleen off-bottom mogelijk op percelen met steilere gradiënt).

Predatie op bodem door de oesterboorder is in een bepaalde mate te voorkomen door met groter formaat te starten en kan bereikt worden door een slimme combinatie te maken tussen off-bottom en bodemkweek. Een bijkomend voordeel is dat off-bottom oesters vaak al een geschikte vorm hebben. Deze combinatie kan maar tot een beperkte hoeveelheid ingezet worden omdat het overgrote deel van het kweekareaal het nog steeds van ingevangen broed op schelpen moet hebben.

Ook starten met groter formaat vermindert de uitval, maar met de offset dat groter broed duurder is en wellicht beperkt beschikbaar. Dit kan een oplossing vormen voor off-bottom, maar op bodempercelen is het risico op predatie wellicht te groot. Ook kan uitzet van broed in het najaar wellicht minder uitval in het opvolgende voorjaar geven, maar onduidelijk is of de winterharding ze minder vatbaar maakt of dat de broedjes simpelweg al wat groter zijn waardoor vatbaarheid verminderd.

Aangezien stress door kweekhandelingen met name gedurende hogere temperaturen een impact kan hebben op overleving, moet dit voorkomen worden. Tijdens droogval bij hoge luchttemperaturen kan de vleestemperatuur van de oesters 10°C stijgen. Aangeraden wordt om geen handelingen (schudden, sorteren, uitdunnen, verplaatsen etc.) uit te voeren tijdens hogere temperaturen, in Australië wordt de richtlijn van 32°C aangehouden, in de Zeeuwse delta wordt geen echte richtlijn gehanteerd. Hoewel sommige handelingen noodzakelijk zijn, laten de meeste kwekers de oesters met rust tijdens voortplanting en herpes seizoenen.

In hoofdstuk 6 zijn de cruciale momenten en knelpunten voor de verschillende processen weergegeven in de vorm van tijdlijnen.

### 5.2 Kennislacunes en aanknopingspunten vervolgonderzoek

Zowel op het gebied van kweekhandelingen als op de effecten van de omgeving op kweek liggen nog een aantal kennislacunes die in eventueel vervolgonderzoek opgepakt kunnen worden. De meesten betreffen off-bottom kweek.

1. Het is bewezen dat kortere inundatietijd leidt tot betere overleving van broedjes in een herpes-omgeving, maar het is nog onbekend of dat komt door de kortere blootstellingstijd aan het virus zelf, de langzamere groei of een andere factor. Mogelijk vervolgonderzoek kan uitwijzen of het effect van groei en reserves is, of dat het een effect van blootstellingsduur aan het virus is.
2. Het is bekend dat temperatuurwisselingen stress veroorzaken, maar het is onbekend in hoeverre hittestress door grote interne temperatuursveranderingen mortaliteit tot gevolg hebben en in hoeverre dat afhankelijk is van formaat. De cruciale temperatuurdrempel voor oesters in de Zeeuwse delta om geen handelingen meer uit te voeren om stress op stress te voorkomen, zoals die in Australië gehanteerd wordt, is nog niet bekend. Gecontroleerde experimenten kunnen deze cruciale temperatuurdrempel eventueel in kaart brengen.
3. Hoewel een kortere inundatietijd overleving van broed verhoogt t.o.v. langer onder water (punt 1), het kan leiden tot hittestress (punt 2). Het vinden van een optimum (tijdsduur in en/of uit het water) is wenselijk met het oog op rendementsverbetering.
4. Ook kan uitzetten van broed in het najaar wellicht minder uitval in het opvolgende voorjaar geven, maar onduidelijk is of de winterharding/langere adaptatietijd ze minder vatbaar maakt, of dat de

broedjes simpelweg al wat groter zijn waardoor vatbaarheid verminderd. Daarnaast kan een soortgelijke kweekstrategie voor broed zoals aangehouden wordt door Carrasco et al (2017) voor Portugese wateren ook onderzocht worden voor de watertemperatuur in Zeeuwse wateren. Het in het najaar uitzetten van broed brengt wel extra risico's met zich mee, in de vorm van mogelijk verlies door ijsgang. De kosten/baten hierin is wel iets wat in ogenschouw genomen moet worden.

5. Triplo's lijken gevoeliger voor stress op stress (Bodenstein 2021), snelgroeiend broed lijkt gevoeliger voor OsHV1 (Azema et al 2017), maar in Thau Lagoon twee keer zoveel sterfte bij diplo vs triplo (Pernet et al 2012). Hoewel de literatuur tegenstrijdig is wat betreft robuustheid van triplo's versus diplos, geven de kwekers in Zeeland aan dat triplo's over het algemeen meer mortaliteit ervaren. Dat kan ook liggen aan de batches die men aangeleverd krijgt uit hatcheries. Er zijn aanwijzingen dat met name bepaalde hatchery herkomsten (families/ouderparen) meer mortaliteit ervaren dan anderen. Eventueel vervolgonderzoek kan uitwijzen of er verschil aan te tonen is tussen triplo's en diplo's en of er effect van hatchery herkomsten is.
6. Drempelwaarden van stroming/golfslag/hydrodynamiek en effecten op groei-limitatie en dan met name vlees/CI voor de verschillende off-bottom kweeksystemen zijn nog niet bekend. Ook is er, behalve tijdens sorteren met machines, nog niks beschreven over stresseffecten (en eventuele uitval als gevolg hiervan) van beweging bij droogval in kweeksystemen zelf. Vervolgonderzoek kan uitwijzen of er effect op groei en vorm waarneembaar is als de hydrodynamiek in kaart gebracht wordt en mogelijke mortaliteitseffecten.
7. Uit hoofdstuk 3 blijkt ook dat met name voor de off-bottomkweek van Creuse oesters iedere kweker wel een iets andere methode hanteert qua dichtheid, formaat en moment van uitzetten. Enerzijds is het nog een vorm van pionieren om de beste methode te vinden voor de hun toegewezen locatie, anderzijds zijn kwekers afhankelijk van aanlevering van broed voor moment van uitzetten en hoeveelheid/dichtheid. Dit wordt momenteel opgepakt in WP2. Aanvullend kan dit bijvoorbeeld uitgewerkt worden met het in kaart brengen van alle management en kweekhandelingen die worden gehanteerd in de Zeeuwse kweekgebieden, in de vorm van een matrix of als onderdeel van de beoogde database, waardoor alle momenten in het kweekproces (van larve tot consumptieformaat) gedetailleerd weergegeven zijn en gekoppeld kunnen worden aan verliezen en of groei.



## 6. Factsheets kweeklijnen

Door middel van een literatuurstudie en vraaggesprekken met de kwekers is fundamentele wetenschappelijke kennis gekoppeld aan praktische ervaring. Deze informatie is gekoppeld aan bepaalde handelingen en sturende factoren die gedurende het productieproces uitgevoerd worden of van invloed kunnen zijn op het productieproces.

Voor elke kweeklijn is één factsheet gemaakt die op een inzichtelijke wijze de stappen in kaart brengt die genomen worden tijdens het productieproces. Binnen het productieproces is er onderscheid gemaakt in drie verschillende kweeklijnen (en daarom drie factsheets): de bodemkweek van platte oesters in de Grevelingen (figuur 3) , de bodemkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde (figuur 4) en de off-bottomkweek van Creuse oesters in de Oosterschelde (figuur 5).

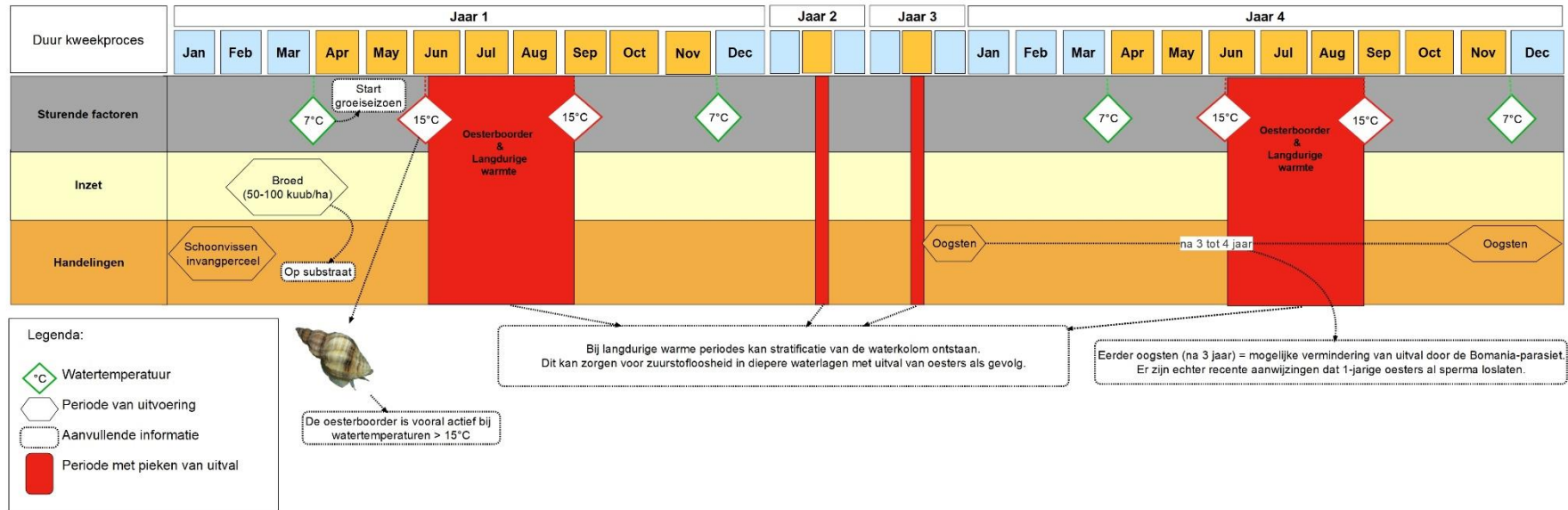
In eerste plaats worden in elke factsheet de sturende factoren benoemd zoals temperatuur dat o.a. virussen, parasieten en predatoren etc. kunnen beïnvloeden die verlies op de oesterpercelen tot gevolg hebben. Afhankelijk van onder anderen de sturende factoren kan de inzet en de periode van inzetten variëren. De inzet wil zeggen; de hoeveelheid oesters van een bepaalde maatvoering en/of gewicht. De timing en frequentie van tussentijdse handelingen die uitgevoerd worden gedurende het kweekproces worden mede bepaald door een combinatie van o.a. de sturende de factoren en de timing van de inzet.

In tegenstelling tot de sturende factoren heeft een kweker (deels) invloed op de inzet en handelingen die uitgevoerd worden tijdens het kweekproces. Met deze factsheets kan tot op heden nog geen uitspraak gedaan worden over de algemene trend van productie en verlies op de oesterpercelen tijdens het kweekproces en de (uitval)effecten van de geïdentificeerde cruciale momenten. Resultaten uit werkpakket 2 (nu nog niet beschikbaar) en nog uit te voeren vervolgentexperimenten (zie aanknopingspunten in 5.2) moeten leiden naar beter inzicht in productie en met name verliescijfers in de Zeeuwse delta voor bodemkweek van Creuse en platte oesters en off-bottom kweek van Creusen.



**Rendementsverbetering en verduurzaming oesterproductie door kennisoverdracht en monitoring**

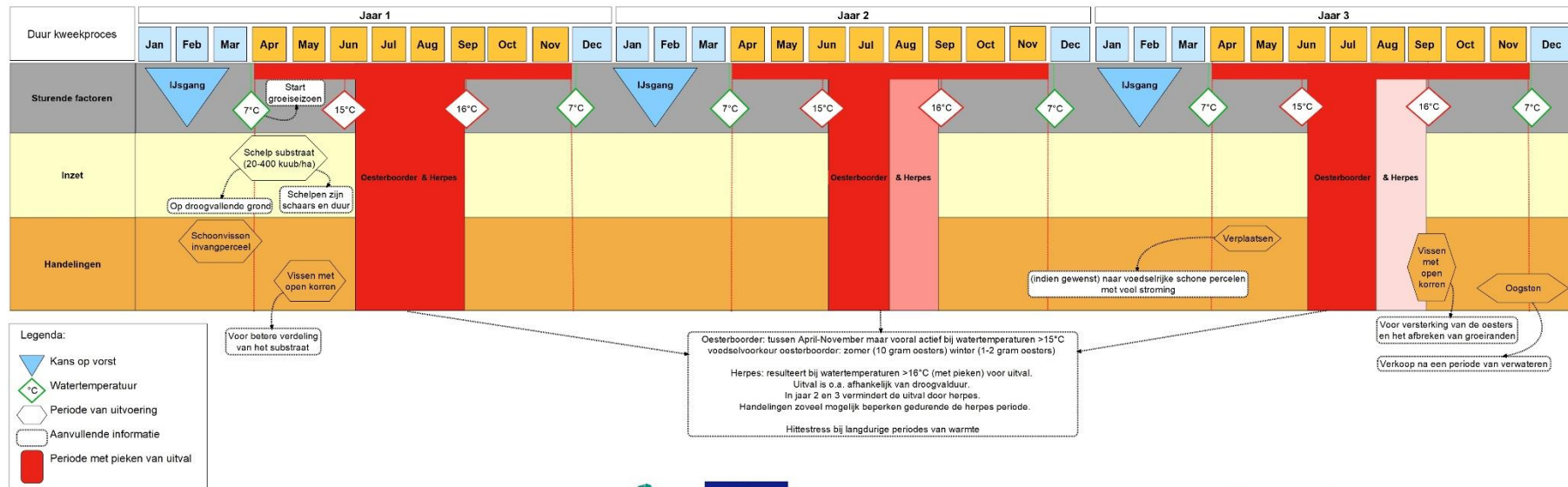
**Bodemkweek platte oester (Grevelingen)**



Figuur 3. Factsheet Bodemkweek platte oesters in de Grevelingen. De duur van het kweekproces is bovenaan in maanden en jaren weergegeven. Sturende factoren, inzet en handelingen zijn door middel binnen de kweeklijn geplaatst.

**Rendementsverbetering en verduurzaming oesterproductie door kennisoverdracht en monitoring**

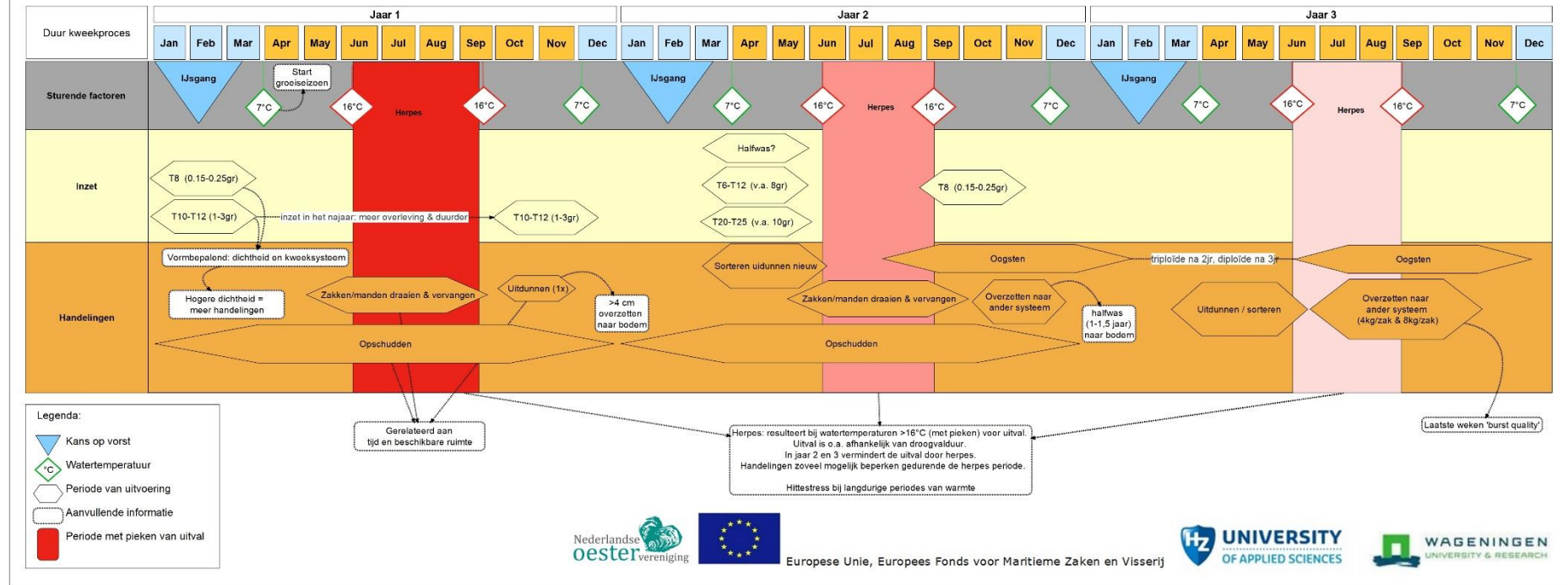
**Bodemkweek van Creuse oesters (Oosterschelde)**



Figuur 4. Factsheet Bodemkweek Creuse oesters in de Oosterschelde. De duur van het kweekproces is bovenaan in maanden en jaren weergegeven. Sturende factoren, inzet en handelingen zijn binnen de kweeklijn geplaatst.

**Rendementsverbetering en verduurzaming oesterproductie door kennisoverdracht en monitoring**

**Off-bottomkweek van Creuse oesters (Oosterschelde)**



**Figuur 5.** Factsheet Off-bottomkweek Creuse oesters in de Oosterschelde. De duur van het kweekproces is bovenaan in maanden en jaren weergegeven. Sturende factoren, inzet en handelingen zijn binnen de kweeklijn geplaatst.

## 7. Referenties

- Abbadi, M., Zamperin, G., Gastaldelli, M., Pascoli, F., Rosani, U., Milani, A., Schivo, A., Rossetti, E., Turolla, E., Gennari, L., Toffan, A., Arcangeli, G., & Venier, P. (2018). Identification of a newly described OsHV-1  $\mu$ var from the North Adriatic sea (Italy). *Journal of General Virology*, 99(5), 693–703. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001042>
- Agnew, M. V., Friedman, C. S., Langdon, C., Divilov, K., Schoolfield, B., Morga, B., Degremont, L., Dhar, A. K., Kirkland, P., Dumbauld, B., & Burge, C. A. (2020). Differential mortality and high viral load in naive pacific oyster families exposed to oshv-1 suggests tolerance rather than resistance to infection. *Pathogens*, 9(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/pathogens9121057>
- Arzul, I., Renault, T., Thébault, A., & Gérard, A. (2002). Detection of oyster herpesvirus DNA and proteins in asymptomatic *Crassostrea gigas* adults. *Virus Research*, 84(1–2), 151–160. [https://doi.org/10.1016/S0168-1702\(02\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1702(02)00007-2)
- Azéma, P., Lamy, J. B., Boudry, P., Renault, T., Travers, M. A., & Dégremon, L. (2017). Genetic parameters of resistance to *Vibrio aestuarianus*, and OsHV-1 infections in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, at three different life stages. *Genetics Selection Evolution*, 49(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12711-017-0297-2>
- Azéma, P., Maurouard, E., Lamy, J. B., & Dégremon, L. (2017). The use of size and growing height to improve *Crassostrea gigas* farming and breeding techniques against OsHV-1. *Aquaculture*, 471, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.011>
- Bartol, I. K., Mann, R., & Luckenbach, M. (1999). Growth and mortality of oysters (*Crassostrea virginica*) on constructed intertidal reefs: Effects of tidal height and substrate level. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 237(2), 157–184. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(98\)00175-0](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00175-0)
- Bodenstein, S., Walton, W. C., & Steury, T. D. (2021). Effect of farming practices on growth and mortality rates in triploid and diploid eastern oysters *Crassostrea virginica*. *Aquaculture Environment Interactions*, 13(75 mm), 33–40. <https://doi.org/10.3354/aei00387>
- A guide to farming with BST, (2017).
- Buestel, D., Ropert, M., Prou, J., & Gouletquer, P. (2009). History, Status, and Future of Oyster Culture in France. *Journal of Shellfish Research*, 28(4), 813–820. <https://doi.org/10.2983/035.028.0410>
- Capelle, J. J., Hartog, E., Creemers, J., Heringa, J., & Kamermans, P. (2020). Effects of stocking density and immersion time on the performance of oysters in intertidal off-bottom culture. *Aquaculture International*, 28(1), 249–264. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00460-9>
- Carrasco, N., Gairin, I., Pérez, J., Andree, K. B., Roque, A., Fernández-Tejedor, M., Rodgers, C. J., Aguilera, C., & Furones, M. D. (2017). A production calendar based on water temperature, spat size, and husbandry practices reduce OsHV-1  $\mu$ var impact on cultured pacific oyster *Crassostrea gigas* in the Ebro Delta (Catalonia), Mediterranean coast of Spain. *Frontiers in Physiology*, 8(MAR), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00125>
- Cheney, D. P., MacDonald, B. F., & Elston, R. A. (2000). Summer mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg): Initial findings on multiple environmental stressors in Puget Sound, Washington, 1998. *J Shellfish Res*, 18, 456–473.
- Comeau, L. A., Arsenault, G., & Davidson, J. (2011). *Off bottom oyster ( Crassostrea virginica Gmelin ) culture in Prince Edward Island : an evaluation of seed sources and stocking density.*
- Davidson, J. (2001). Evaluation of Stocking Density in Off Bottom Oyster Culture. *AquaInfo, Table 1*, 8–9.
- Davis, E. (2013). *Effects of basket arrangement and stocking density when using the adjustable long-line system for oyster grow-out.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>
- de Kantzow, M. C., Hick, P. M., Dhand, N. K., & Whittington, R. J. (2017). Risk factors for mortality during the first occurrence of Pacific Oyster Mortality Syndrome due to Ostreid herpesvirus – 1 in Tasmania, 2016. *Aquaculture*, 468, 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.025>
- Dégremon, L. (2013). Size and genotype affect resistance to mortality caused by OsHV-1 in *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 416–417, 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.011>



- Dégremont, L., & Benabdelmouna, A. (2014). Mortality associated with OsHV-1 in spat *Crassostrea gigas*: role of wild-caught spat in the horizontal transmission of the disease. *Aquaculture International*, 22(6), 1767–1781. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9781-7>
- Dégremont, L., Ledu, C., Maurouard, E., Nourry, M., & Benabdelmouna, A. (2016). Effect of ploidy on the mortality of *Crassostrea gigas* spat caused by OsHV-1 in France using unselected and selected OsHV-1 resistant oysters. *Aquaculture Research*, 47(3), 777–786. <https://doi.org/10.1111/are.12536>
- Dégremont, L., Morga, B., Maurouard, E., & Travers, M.-A. (2021). Susceptibility variation to the main pathogens of *Crassostrea gigas* at the larval, spat and juvenile stages using unselected and selected oysters to OsHV-1 and/or *V. aestuarianus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 183(April), 107601. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2021.107601>
- Delisle, L., Petton, B., Burguin, J. F., Morga, B., Corporeau, C., & Pernet, F. (2018). Temperature modulate disease susceptibility of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* and virulence of the Ostreid herpesvirus type 1. *Fish and Shellfish Immunology*, 80(March), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.05.056>
- Divilov, K., Schoolfield, B., Morga, B., Dégremont, L., Burge, C. A., Mancilla Cortez, D., Friedman, C. S., Fleener, G. B., Dumbauld, B. R., & Langdon, C. (2019). First evaluation of resistance to both a California OsHV-1 variant and a French OsHV-1 microvariant in Pacific oysters. *BMC Genetics*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12863-019-0791-3>
- Dundon, W. G., Arzul, I., Omnes, E., Robert, M., Magnabosco, C., Zambon, M., Gennari, L., Toffan, A., Terregino, C., Capua, I., & Arcangeli, G. (2011). Detection of Type 1 Ostreid Herpes variant (OsHV-1  $\mu$ var) with no associated mortality in French-origin Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* farmed in Italy. *Aquaculture*, 314(1–4), 49–52. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.005>
- Engelsma, M., Kerkhoff, S., Roozenburg, I., Haenen, O., Gool, A., Sistermans, W., Wijnhoven, S., & Hummel, H. (2010). Epidemiology of *Bonamia ostreae* infecting European flat oysters *Ostrea edulis* from Lake Grevelingen, The Netherlands. *Endangered Species Research*, June. <https://doi.org/10.3354/esr08594>
- Fuhrmann, M., Castinel, A., Cheslett, D., Furones Nozal, D., & Whittington, R. J. (2019). The impacts of ostreid herpesvirus 1 microvariants on Pacific oyster aquaculture in the Northern and Southern Hemispheres since 2008. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 38(2), 491–509. <https://doi.org/10.20506/rst.38.2.3000>
- Gagnaire, B., Frouin, H., Moreau, K., Thomas-Guyon, H., & Renault, T. (2006). Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Fish and Shellfish Immunology*, 20(4), 536–547. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.07.003>
- Garnier-Géré, P. H., Naciri-Graven, Y., Bougrier, S., Magoulas, A., Héral, M., Kotoulas, G., Hawkins, A., & Gérard, A. (2002). Influences of triploidy, parentage and genetic diversity on growth of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* reared in contrasting natural environments. *Molecular Ecology*, 11(8), 1499–1514. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01531.x>
- Gillmor, R. B. (1982). Assessment of intertidal growth and capacity adaptations in suspension-feeding bivalves. *Marine Biology*, 68(3), 277–286. <https://doi.org/10.1007/BF00409594>
- Gittenberger, A., Voorbergen-Laarman, M. A., & Engelsma, M. Y. (2016). Ostreid herpesvirus OsHV-1  $\mu$ Var in Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) of the Wadden Sea, a UNESCO world heritage site. *Journal of Fish Diseases*, 39(1), 105–109. <https://doi.org/10.1111/jfd.12332>
- Haenen, O. L. M., & Engelsma, M. (2018). *Jaarverslag schelpdierziekten 2018*.
- Hartog, E., & Wagenaar, N. (2020). *RAAK-MKB "Oesterbroed" Vergelijk tussen verschillende oesterbroed invangmethodes op verschillende locaties*.
- Hick, P. M., Evans, O., Rubio, A., Dhand, N. K., & Whittington, R. J. (2018). Both age and size influence susceptibility of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) to disease caused by Ostreid herpesvirus-1 (OsHV-1) in replicated field and laboratory experiments. *Aquaculture*, 489(February), 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.013>
- HZ University of Applied Sciences. (2020). *Verandering van spijs doet eten?* <https://doi.org/10.1007/s12480-014-0269-9>
- Kamermans, P. (2019). *Estimation of genetic parameters and correlations in Crassostrea gigas*.
- Kamermans, P., Engelsma, M., Peene, F., & Blonk, R. (2015). *Fokkerij op ziekteresistentie van Japanse oesters: Vol. C025.15*.
- Kamermans, P., & Smaal, A. (2016). *Passende beoordeling ten behoeve van experimentele oesterkweek in het sublitoraal van de Kom van de Oosterschelde*.
- Kamermans, P., Brummelhuis, E., Poelman, J., Gool van, A., & Troost, K. (2004). *Onderzoek naar verbetering broedvangst oesters (C003/04)*. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV.

- Kamermans, Pauline, Engelsma, M., Peene, F., & Blonk, R. (2015). Fokkerij op ziekteresistentie van Japanse oesters. In *IMARES Wageningen UR*.
- Korringa, P. (1947). Relations between the Moon and Periodicity in the Breeding of Marine Animals. *Ecological Monographs*, 17(3), 347–381. <https://doi.org/10.2307/1948665>
- Li, X. (2008). *Reduction in Pacific Oyster Mortality by Improving Farming and Processing Technologies in South Australia*. 2003, 147. <http://www.sardi.sa.gov.au>
- Maathuis, M. A. M., Coolen, J. W. P., van der Have, T., & Kamermans, P. (2020). Factors determining the timing of swarming of European flat oyster (*Ostrea edulis* L.) larvae in the Dutch Delta area: Implications for flat oyster restoration. *Journal of Sea Research*, 156(July 2019), 101828. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.101828>
- Nell, J. A., & Perkins, B. (2005). Evaluation of progeny of fourth generation Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata* (Gould, 1850) breeding lines. *Aquaculture Research*, 36(8), 753–757. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01279.x>
- Petton, B., Boudry, P., Alunno-Bruscia, M., & Pernet, F. (2015). Factors influencing disease-induced mortality of Pacific oysters *Crassostrea gigas*. *Aquaculture Environment Interactions*, 6(3), 205–222. <https://doi.org/10.3354/aei00125>
- Petton, B., De Lorgeril, J., Mitta, G., Daigle, G., Pernet, F., & Alunno-Bruscia, M. (2019). Fine-scale temporal dynamics of herpes virus and vibrios in seawater during a polymicrobial infection in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 135(2), 97–106. <https://doi.org/10.3354/dao03384>
- Pogoda, B., Buck, B., & Hagen, W. (2011). Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany). *Aquaculture*, 319, 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.017>
- Potter, M. A., & Hill, B. J. (1982). Heat mortality in the Sydney rock oyster, *Saccostrea* (*Crassostrea*) *commercialis* and the effectiveness of some control methods. *Aquaculture*, 29(1–2), 101–108. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(82\)90037-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(82)90037-0)
- Sas, H., Deden, B., Kamermans, P., zu Ermgassen, P. S. E., Pogoda, B., Preston, J., Helmer, L., Holbrook, Z., Arzul, I., van der Have, T., Villalba, A., Colsool, B., Lown, A., Merk, V., Zwerschke, N., & Reuchlin, E. (2020). *Bonamia* infection in native oysters (*Ostrea edulis*) in relation to European restoration projects. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(11), 2150–2162. <https://doi.org/10.1002/aqc.3430>
- Segarra, A., Pépin, J. F., Arzul, I., Morga, B., Faury, N., & Renault, T. (2010). Detection and description of a particular Ostreid herpesvirus 1 genotype associated with massive mortality outbreaks of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, in France in 2008. *Virus Research*, 153(1), 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.07.011>
- Smaal, A. C., Kamermans, P., & Strietman, W. J. (2016). *Kennis- en onderzoeksagenda voor de Nederlandse oestersector*.
- Sokolova IM, Frederich M, Bagwe R, Lannig G, Sukhotin AA. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Mar Environ Res*. 2012 Aug;79:1-15. doi: 10.1016/j.marenvres.2012.04.003.
- van Banning, P. (1991). Observations on bonamiasis in the stock of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in the Netherlands, with special reference to the recent developments in Lake Grevelingen. *Aquaculture*, 93(3), 205–211. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90232-V](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90232-V)
- van den Brink, A., Fomsgaard, C., Nédélec, M., Hussenot, M., & Kamermans, P. (2013). *Testing the efficiency of different spat collectors* (Issue C216/13).
- Zhu, Q., Zhang, L., Li, L., Que, H., & Zhang, G. (2016). Expression Characterization of Stress Genes Under High and Low Temperature Stresses in the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*. *Marine Biotechnology*, 18(2), 176–188. <https://doi.org/10.1007/s10126-015-9678-0>