

OPLEIDING: MASTER OF SCIENCE IN DE GEOGRAFIE

DE EVOLUTIE VAN DE BENEDEN-DURME DOOR DE INTERACTIE VAN FYSISCHE EN ANTROPOGENE FACTOREN

Aantal woorden: 28027

Tim Van den Branden

Stamnummer: 01500648

Promotor: Prof. dr. Veerle Van Eetvelde
Vakgroep Geografie, Universiteit Gent

Masterproef ingediend tot het behalen van de graad Master of Science in de geografie

Academiejaar: 2020 - 2021

VOORWOORD

De Durme is al sinds ik klein was een onderwerp van fascinatie. Ik ben opgegroeid in de Durmevallei en deze speciale rivier met getijden en prachtige natuur kreeg doorheen de jaren een speciaal plekje in mijn hart. Mijn passie voor geografie is dan ook deels aan de Durme te danken. De rivier vormt bijgevolg een dankbaar onderwerp voor deze masterproef die het slotstuk van mijn opleiding Geografie vormt.

Een masterproef maken is een uitdagend en zelfstandig werk, maar het kan ook enkel tot stand komen met de hulp van een hele groep mensen rondom jezelf die ondersteuning bieden. Daarom wil ik deze mensen hartelijk bedanken voor de vele steun, advies en tips die ze me gedurende dit project gaven. Eerst en vooral wil ik mijn promotor Prof. dr. Veerle Van Eetvelde bedanken voor de hulp, motivatie en het advies dat ze me het afgelopen jaar heeft gegeven bij het uitwerken van deze masterproef. Haar steun was cruciaal in het uitwerken van een onderzoeksmethode rond het onderwerp van de Durme. Daarnaast heeft ze me gedurende haar vakken landschapskunde in de afgelopen jaren een sterke interesse gegeven in de evoluties van landschappen. Ten tweede zou ik mijn ouders willen bedanken voor de vele steun die ze me gaven tijdens de mijn studiejaren. Hun tips en praktische hulp bij het maken van deze masterproef hebben me ver vooruitgeholpen. Ik zou ook graag mijn vriendin Ellen bedanken om er altijd voor mij te zijn, zelfs op de moeilijke momenten. Bovendien was haar praktische hulp bij deze masterproef onmisbaar. Ik bedank ook alle mensen die ik tegenkwam tijdens mijn terreinwerk langsheen de Durme omdat ze met verhalen en informatie mijn onderzoek een extra dimensie gaven. Tenslotte wil ik alle professoren, leerkrachten en medestudenten bedanken die me de afgelopen jaren nieuwe inzichten en inspiratie gaven.

SAMENVATTING

De Beneden-Durme is een zijrivier van de Schelde met getij die in de afgelopen eeuwen een ingrijpende evolutie heeft ondergaan door verschillende menselijke ingrepen. Door afsnijding van het bovendebiet van de rivier ontstond er een problematisch verzandingsproces in de rivierbedding. Ook het landschap in de vallei van de Beneden-Durme evolueerde sterk door tal van landschapsveranderingen in de afgelopen 200 jaar. Het doel van dit onderzoek is om deze landschapsevolutie te verklaren door de specifieke interactie van antropogene en fysische factoren achter lokale landschapsveranderingen te onderzoeken. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van het concept van *driving forces* dat populair is binnen het onderzoek naar landschapsverandering. Er worden binnen dit onderzoek vijf doelen gesteld die achterhaald moeten worden. Het eerste is om de kwantitatieve veranderingen in het landschap van de Durmevallei van de afgelopen 200 jaar te bepalen. Ten tweede wordt er onderzocht in welke perioden binnen die 200 jaar de meeste veranderingen in het valleilandschap waren. Het derde doel is om concrete menselijke ingrepen te vinden die de hydrografie van de rivier beïnvloedden. Het vierde doel is om de relevante *driving forces* van de geobserveerde landschapsveranderingen te achterhalen. Tenslotte is het vijfde doel om te zoeken naar potentiële feedbackloops tussen menselijke ingrepen en de geobserveerde kwantitatieve veranderingen. De methode is gebaseerd op een procedure met drie stappen (systeemdefinitie, systeemanalyse en systeemsynthese) die uitgaat van de *general system theory*. De kwantitatieve veranderingen werden achterhaald door historische en huidige topografische kaarten onderling te vergelijken. Zo werden er zeven landgebruikkaarten opgesteld in QGIS en de veranderingen in de zes tijdsintervallen tussen de kaarten (1775-1869, 1869-1909, 1909-1969, 1969-1984, 1984-2000 & 2000-2020) werden geregistreerd. Vervolgens werd de *landscape change index* gebruikt om de tijdsintervallen met het grootste aantal veranderingen te achterhalen. Menselijke elementen langsheen de Beneden-Durme werden onderzocht door een herfotografie van historische foto's uit te voeren. Een lijst met 61 potentieel relevante *driving forces* in het studiegebied werd opgesteld aan de hand van een literatuurstudie van internationale en lokale literatuur. Uit de analyse van de kwantitatieve veranderingen blijkt dat het valleilandschap evolueerde van een open landschap met meersen tot een half open tot gesloten landschap met multifunctioneel landgebruik. In de 20^{ste} eeuw werden er grootschalige ingrepen in de hydrografie - zoals meanders rechtekken - uitgevoerd om de ontwikkelende scheepvaart te bevorderen. Deze ingrepen leidden tot een onverwachte positieve feedback naar het verzandingsproces dat hierdoor nog intenser werd. Recent begon de uitvoering van het Sigmoplan Durmevallei van de Vlaamse overheid in het studiegebied. De inplanting van *wetlands* en overstromingsgebieden om de veiligheid en natuurontwikkeling te verbeteren zorgde voor de meest recente landschapsveranderingen. Economische en technologische *driving forces* vormden de belangrijkste groep van *driving forces* voor het hele studiegebied, maar politieke *driving forces* liggen aan de basis van de belangrijkste ingrepen in de hydrografie. Culturele *driving forces* zijn relevant voor de ontwikkeling van specifieke sites in de vallei.

ABSTRACT

The Lower Durme is a tidal affluent of the Scheldt that has experienced a radical evolution due to human interferences. By cutting-off the upper flow of the river, a problematic silting process occurred in the river bed. The surrounding landscape in the valley of the Lower Durme has evolved strongly as well because of numerous landscape changes in the past 200 years. The aim of this research is to explain this landscape evolution by examining the specific interaction of anthropogenic and physical factors behind local landscape changes. For this purpose, the concept of driving forces that gained popularity in recent landscape change research, is used. The following five objectives of this research were defined. The first objective is to determine the quantitative changes in the landscape of the river valley over the last 200 years. Secondly, it is examined in which periods of the last 200 years most of the changes occurred. The third goal is to find specific human interventions that influenced the hydrography of the river. The fourth goal is to find out the relevant driving forces of the observed landscape changes. Finally, the fifth goal is to search for potential feedback loops between human interventions and the observed quantitative changes. The research method is based on a three-step procedure (system definition, system analysis and system synthesis) that has roots in the general system theory. The quantitative changes were identified by comparing historical and current topographic maps. Seven land use maps were created in QGIS and the changes in the six time intervals between the maps (1775-1869, 1869-1909, 1909-1969, 1969-1984, 1984-2000 & 2000-2020) were registered. Subsequently, the landscape change index was used to find out the time intervals with the greatest number of changes. The human elements along the Lower Durme were examined by performing a re-photography of historical photographs. A list of 61 potentially relevant driving forces in the study area was drawn up on the basis of a literature study of international and local literature. The analysis of the quantitative changes shows that the valley landscape evolved from an open landscape with wet meadows to a semi-open to closed landscape with a multifunctional land use. In the 20th century, large-scale human interventions in hydrography - such as straightening meanders - were carried out to promote the developing shipping in the region. These interventions led to an unexpected positive feedback to the silting process, which increased the intensity of the process. Recently, the implementation of the Sigmoplan 'Durmevallei' of the Flemish government began in the study area. The plan includes the construction flood control areas, wetlands and depoldering to improve safety and nature development. This resulted in the most recent landscape changes of the study area. The results show that economic and technological driving forces form the most important groups of driving forces for the entire study area, but political driving forces are at the basis of the most important interventions in hydrography. Cultural driving forces are relevant to the development of specific sites in the valley.

POPULARISERENDE INHOUD

De Durme is een zijrivier van de Schelde met getij die een problematische evolutie heeft ondergaan in de voorbije eeuwen. De rivier was een ruime eeuw geleden een belangrijke transportas voor de lokale scheepvaart, maar is vandaag amper bevaarbaar geworden. Het landschap in de Durmevallei is de laatste 200 jaar bovendien sterk veranderd door een interactie van menselijke en natuurlijke acties. Deze masterproef onderzoekt op welke manier deze interactie invloed heeft gehad op de evolutie die het landschap ondergaat. Om een landschap duurzaam te beheren is het namelijk noodzakelijk om de processen achter veranderingen in het landschap goed te begrijpen. De landschapsevolutie werd onderzocht met behulp van historische kaarten en een herfotografie van oude foto's. Hieruit blijkt dat twee eeuwen geleden het valleilandschap hoofdzakelijk bestond uit een open geheel van natte weiden. Ondertussen is het huidige landschap half gesloten met veel meer bossen en akkers en natuurgebieden. Doordat de mens verschillende meanders rechtrok, eilanden verwijderde en een dam plaatste in de rivier, is de rivierbedding grotendeels verzand. Door deze verzanding kunnen er overstromingen ontstaan bij stormvloed en overvloedige neerslag. De meest recente aanpassingen in het Durmelandschap zijn er door de uitvoering van het Sigmaphan die de vallei wil beschermen tegen overstromingen en een waardevolle zoetwatergetijdennatuur wil ontwikkelen.

INHOUDSTAFEL

VOORWOORD	2
SAMENVATTING	3
ABSTRACT	4
POPULARISERENDE INHOUD	5
INHOUDSTAFEL	6
LIJST VAN FIGUREN	8
LIJST VAN TABELLEN	10
1. INLEIDING.....	11
1.1 De Durme, een menselijk product met fysieke knelpunten	11
1.2 Theoretische context	13
1.3 Onderzoeksvragen en -objectief.....	15
1.4 Opbouw Masterproef	17
2. STUDIEGEBIED.....	19
2.1 Geografische situering en afbakening.....	19
2.2 De historische loop van de Durme.....	20
3. METHODEN	23
3.1 ‘The general system theory’ als methodologisch kader	23
3.2 Systemanalyse	24
3.2.1 <i>Kaartanalyse.....</i>	24
3.2.1.1 Kaartmateriaal.....	24
3.2.1.2 Bronnen topografische kaarten & orthofoto’s.....	26
3.2.1.3 Georefereren.....	29
3.2.1.4 Landgebruikkaarten opstellen	30
3.2.1.5 Landscape change index	32
3.2.2 <i>Herfotografie.....</i>	35
3.2.2.1 Uitwerking	35
3.2.2.2 Bronnen historische foto’s.....	37
3.3 Driving forces & systeemsynthese	38
4. RESULTATEN	40
4.1 Systemanalyse	40
4.1.1 <i>Kaartanalyse.....</i>	40
4.1.1.1 Annotatieve kaarten	40
4.1.1.2 Landgebruikkaarten	42
4.1.1.3 Landscape change index	50

4.1.2 Herfotografie.....	51
4.1.2.1 Lokalisatie en fotocusters.....	51
4.1.2.2 Fotokoppels.....	52
4.1.2.3 Fotoreeksen	59
4.1.3 Driving forces.....	62
4.2 Systemesyntese.....	67
4.2.1 De invloed van menselijke ingrepen op de hydrografie en het agrarisch landgebruik in de vallei van de Beneden-Durme.....	67
4.2.2 Deelgebied I.....	75
4.2.3 Deelgebied II	76
4.2.4 Deelgebied III	78
4.2.5 3D-syntheseschetsen.....	79
5. DISCUSSIE	83
6. CONCLUSIE.....	86
7. REFERENTIES	89
7.1 Boeken en artikels	89
7.2 Internetbronnen.....	92
8. APPENDIX	93
8.1 Appendix 1: figuren uit de methode	93
8.2 Appendix 2: berekeningen en resultaten LCI.....	96
8.3 Appendix 3: Fotokoppels.....	98
8.4 Appendix 4: foto's en figuren uit de systemesyntese	114

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Geografische situering en afbakening van het studiegebied.....	20
Figuur 2: Reconstructie van de middeleeuwse loop van de Durme a.d.h.v. toponiemen (De Vos, 1958).	21
Figuur 3: Huidige situatie van de waterlopen en kanalen in het historisch hydrografisch bekken van de Durme (data: Informatie Vlaanderen).....	22
Figuur 4: De driedelige procedure om de driving forces van landschapsverandering te onderzoeken (Bürgi et al., 2004).....	24
Figuur 5: Situering en afbakening van de deelgebieden in de kaartenanalyse (achtergrond: Informatie Vlaanderen).	35
Figuur 6: Historische interpretatie van de Ferrariskaart a.d.h.v. annotaties op verschillende schaalniveaus (achtergrond: Koninklijke Bibliotheek van België).....	41
Figuur 7: Interpretatie van de topografische kaart uit 2016 a.d.h.v. annotaties op verschillende schaalniveaus (achtergrond: NGI).....	42
Figuur 8: Landgebruik alluviale vallei in 1775 (eigen verwerking op basis van Ferrariskaart, Koninklijke Bibliotheek van België).	43
Figuur 9: Landgebruik alluviale vallei in 1869(70) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1869(70), NGI).	43
Figuur 10: Landgebruik alluviale vallei in 1909 (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1909, NGI).	44
Figuur 11: Landgebruik alluviale vallei in 1968(69) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1968(69), NGI).	44
Figuur 12: Landgebruik alluviale vallei in 1984 (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1984, NGI).	45
Figuur 13: Landgebruik alluviale vallei in 1997(2000) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1997(2000), NGI).....	45
Figuur 14: Landgebruik alluviale vallei in 2016(2020) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 2016 en de middenschalige orthofoto van Vlaanderen uit 2020, NGI & Informatie Vlaanderen).	46
Figuur 15: De absolute oppervlakte per categorie landgebruik voor elke tijdsdoorsnede.	49
Figuur 16: De relatieve verhoudingen in oppervlakte van elke categorie landgebruik tussen 1775 en 2020.	49
Figuur 17: Locatie van de 24 fotokoppels en drie fotoreeksen in drie clusters in het oostelijke deel van het studiegebied (achtergrond: Informatie Vlaanderen).....	52
Figuur 18: Fotokoppel 6 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	53
Figuur 19: Fotokoppel 4 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	54
Figuur 20: Fotokoppel 8 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	54
Figuur 21: Fotokoppel 12 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	55
Figuur 22: Fotokoppel 9 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	56

Figuur 23: Fotokoppel 19 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	57
Figuur 24: Fotokoppel 18 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	58
Figuur 25: Fotokoppel 21 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).	59
Figuur 26: Fotoreeks Mirabrug Hamme 1904-2021 (Foto's: 1904: Jean Massart, 1980: Georges Charlier, 2004: Jan Kempenaers, 2014: Michiel De Cleene, 2021: eigen foto http://www.recollectinglandscapes.be).	60
Figuur 27: Fotoreeks Groot Broek Sombeke 1904-2021 (Foto's: 1904: Jean Massart, 1980: Georges Charlier, 2004: Jan Kempenaers, 2014: Michiel De Cleene, 2021: eigen foto, http://www.recollectinglandscapes.be).	61
Figuur 28: Fotoreeks Paardenpolder Tielrode 1904-2021 (Foto's: 1904: Jean Massart, 1980: Georges Charlier, 2004: Jan Kempenaers, 2014: Michiel De Cleene, 2021: eigen foto, http://www.recollectinglandscapes.be).	62
Figuur 29: De locaties van de loskaden en scheepswerven langsheen de Beneden-Durme (data: Werbrouck, 2006; Verstraeten, 2017. Achtergrond: Informatie Vlaanderen).	67
Figuur 30: Twee grootschalige rechte trekkingen van de Durme tussen 1931 en 1937 (achtergrond: Informatie Vlaanderen).	68
Figuur 31: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen in de hydrografie van de Durme, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse.	72
Figuur 32: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen in het agrarisch landgebruik, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse.	73
Figuur 33: Schema van de driving forces en menselijke ingrepen die leiden tot het ontstaan van een feedbackloop in de hydrografie van het studiegebied.	74
Figuur 34: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse in deelgebied I.	76
Figuur 35: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse in deelgebied II.	77
Figuur 36: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse in deelgebied III.	79
Figuur 37: 3D-syntheseschets van het studiegebied voor de periode 1775-1869.	80
Figuur 38: 3D-syntheseschets van het studiegebied voor de periode 1909-1969.	81
Figuur 39: 3D-syntheseschets van het studiegebied voor de periode 1984-2020.	82

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Overzicht van het kaartmateriaal met voordelen & beperkingen.....	27
Tabel 2: Het aantal GCPs en de gebruikte transformatiefunctie per georeferereerd kaartblad	30
Tabel 3: De aanwezigheid van de uniforme legendecategorieën op de landgebruikkaarten.	32
Tabel 4: Belangrijkste fotobronnen en aantal geselecteerde foto's per bron.....	38
Tabel 5: Berekening van de LCI voor de alluviale vallei.....	50
Tabel 6: LCI-waarden voor elk tijdsinterval in de drie deelgebieden.....	51
Tabel 7: Lijst met 61 potentieel relevante driving forces van landschapsverandering in het studiegebied.	63

1. INLEIDING

1.1 De Durme, een menselijk product met fysieke knelpunten

De Durme is een getijgebonden zijrivier van de Schelde en kent geen natuurlijk bovendebiet. Deze situatie wijkt echter ver af van de natuurlijke hydrologie van de Durme ruimweg 1000 jaar geleden (Verstraeten, 2017). De loop van de rivier heeft sinds de late middeleeuwen namelijk tal van ingrijpende wijzigingen ondergaan onder menselijke impuls. De afsnijding van het oorspronkelijke brongebied, het verleggen en rechte trekken van de bedding op meerdere plaatsen zijn de voornaamste menselijke ingrepen (Verstraeten, 2017). Zo werd de loop van de Durme steeds ingekort van haar oorspronkelijke brongebied - in de regio van Tielt - tot slechts een kort gedeelte ten zuiden van de Moervaart (Taverniers, 1979). Hierdoor veranderden de heersende hydrogeomorfologische processen in de Durme geleidelijk aan. Dit veroorzaakte een verzanding die zeker in de laatste 150 jaar problematisch werd (Doesselaere, 2013).

Deze studie focust op de zogenaamde 'Beneden-Durme' en haar vallei. De Beneden-Durme is het huidige deel van de rivier dat een getijdenwerking kent en van de monding in Tielrode tot aan Lokeren loopt. Het is in dit deel van de Durmevallei dat de interactie tussen antropogene en fysische factoren het meest tot uiting komt vanwege grootschalige aanpassingen in de loop van de rivier (Verstraeten, 2017). Sinds het begin van 20^{ste} eeuw onderging het landschap tussen Tielrode en Lokeren een sterke dynamiek met veranderingen die steeds sneller en grootschaliger toenemen (Werbrouck, 2006).

De streek van de Durmevallei, en bij uitbreiding het hele Scheldeland, kent als sinds de middeleeuwen de problematiek van overstromingen. Voorheen drong het getij in de Schelde niet zo ver binnenlands door (Mys *et al.*, 1983). Vanaf de 13^{de} eeuw werden overstromingen tegengehouden door de bouw van dijken en werden laaggelegen gebieden langsheen de rivieren ontpolderd (Taverniers, 1979). Dit vormde al één van de eerste belangrijke interacties tussen mens en natuurlijke omgeving die relevant zijn in dit gebied. Het is echter vooral sinds de grote landschappelijke veranderingen einde 18^{de}, begin 19^{de} eeuw dat de Beneden-Durme onder sterke antropogene invloed staat (Werbrouck, 2006). Samenhangend met de industriële revolutie ontwikkelde zich een bloeiende scheepvaart op de Durme langsheen kleine industriële centra in Hamme, Waasmunster en Lokeren (Verstraeten, 2017). De gestimuleerde scheepvaart zorgde echter ook voor een verdere ontwikkeling van de kanalen in de omgeving van de stad Gent. Dit had dan vervolgens een definitieve onthoofding van de bovenloop en het rechte trekken van verscheidene meanders tot gevolg (Verstraeten, 2017). Deze wijzigingen werkten de verzanding in de hand wat vervolgens grote invloed had op de scheepvaart die de rivier kende. De bedding verhoogde en vernauwde waardoor de scheepvaart steeds meer belemmerd werd (Nagels *et al.*, 1993). Door de verhoogde bedding nam het hoogwaterpeil ook toe en verhoogde de kans op overstromingen steeds verder in de 20^{ste} eeuw. Omringende grachten en sloten in het landschap konden ook niet meer van nature ontwateren (Dauwe, 2001). Deze beperkte natuurlijke afwatering naar de Durme en een sterke sedimentatieproblematiek zijn de twee belangrijke knelpunten die ervoor zorgden dat de centrale (Belgische Overheid en later Vlaamse Overheid) en lokale overheden (gemeenten)

moesten ingrijpen (Dauwe, 2001). In eerste instantie probeerden de overheden deze knelpunten op te lossen met *hard engineering*: het actief baggeren van de bedding, de rivier tussen hogere dijken proberen te bedwingen en de grootschalige rechte trekkingen van meanders (Taverniers, 1979). Deze maatregelen vormden slechts tijdelijke oplossingen die de structurele oorzaken van het probleem niet oplosten (Dauwe, 2001). Vooral in de Durmevallei tussen Lokeren en Waasmunster zorgde de verhoogde bedding voor overstromingen bij stormvloed. Daarom werden er in dit deel van de Durmevallei zes potpolders - gecontroleerde overstromingsgebieden - aangelegd om overtollig water op te vangen bij stormvloed. (Taverniers, 1979). In 1954 werd tenslotte een dam gebouwd in de Durme in Lokeren. Hierdoor reikt het getij slechts tot aan Lokeren en vormt deze dam de opsplitsing tussen de Boven- & Beneden-Durme.

Op regionaal niveau kennen de poldergebieden langs de Zeeschelde al eeuwenlang een overstromingsproblematiek. Na de stormvloed van 3 januari 1976 waarbij grote delen van de Scheldevallei getroffen werden, kwam er een centraal geleid plan vanuit de overheid. Dit werd het Sigmaplan dat de bescherming van het Zeescheldebekken tegen stormvloed vanuit de Noordzee voorziet (Dauwe, 2001). Het oorspronkelijke plan uit de jaren '70 voorzag twee belangrijke onderdelen: De verhoging en verzwarend van dijken en de aanleg van gecontroleerde overstromingsgebieden en compartimenteringsdijken. In de Durmevallei werden de dijken verhoogd tot 8 meter Tweede Algemene Waterpassing (TAW) en werden de zes potpolders uit de jaren '30 en '50 in Waasmunster opgenomen in het plan als gecontroleerde overstromingsgebieden (Pee *et al.*, 1998; Dauwe, 2001).

Pas in de jaren '90 kwamen er nieuwe beleidsinzichten in de noodzaak voor duurzame ontwikkeling. Deze nieuwe inzichten werden onder meer beïnvloed door het Biodiversiteitsverdrag van Rio De Janeiro (1992). In het Vlaams Gewest werd integraal waterbeheer bijgevolg steeds meer als basis voor het milieubeleid naar voor geschoven (Vermeersch *et al.*, 2003). Ondertussen bleek ook dat de veiligheidsbenadering van het originele plan niet meer voldeed aan de huidige vereisten en risico's als gevolg van de klimaatverandering en de steeds hogere getijgolven. Bijgevolg werd het Sigmaplan geactualiseerd en staat een integrale benadering van de multifunctionele rivier centraal (Dauwe, 2001). Er volgden hierop een aantal ecologische bijsturingen in de uitvoering om de ecologische waarde van het Schelde-estuarium te versterken (Dauwe, 2001).

De Vlaamse Regering keurde in 2005 het geactualiseerde Sigmaplan 'Veiligheid en Natuurlijkheid' goed. Hierin wordt gesproken over het Meest Wenselijke Alternatief (MWeA) dat als uitgangspunt dient in de uitvoering van nieuwe uitvoeringsprojecten in het Sigmaplan (Van Ryckegem *et al.*, 2006). Voor de Durmevallei gaat de visie van het MWeA voornamelijk uit van een natuurfunctie. Het natuurontwikkelingsdoel is streven naar een aaneensluitend en uitgestrekt estuarien systeem nabij de monding. Stroomopwaarts ligt de focus op de ontwikkeling van een kern van wetlands ofwel wetlandgebieden. Dit zijn drassige graslanden met een grote capaciteit om water te bufferen (Van Ryckegem *et al.*, 2006).

Er werden plannen opgemaakt voor de ontpoldering van grote aaneengesloten gebieden in het noorden van de vallei. Zo is er 289 ha estuariene natuur voorzien in volgende gebieden: De Bunt (Hamme), Klein Broek, Groot Broek (Temse), Sombeekse meersen (Waasmunster) en de Polder van Waasmunster. Verder wordt ook nog 244 ha ingericht als wetland. Van Ryckegem *et al.* (2006) vermelden dat volgens verschillende studies blijkt dat het uitbaggeren van de stroomopwaartse bedding van de Durme geen duurzame maatregel is. Enkel onderhoudsbaggerwerken om ontwateringsinfrastructuur zoals sluisen te vrijwaren van aanslibbing en verdere opvolging van de evolutie in de Durmevallei zijn de best passende strategieën (Peeters, 2006). De knelpunten in de Durmevallei liggen voornamelijk bij de sedimentatieproblematiek, maar ook de afwateringsproblematiek van de valleigronde. De voorgestelde ecologische doelstellingen kunnen de knelpunten echter goed opvangen. Ontpolderingen temperen namelijk de getijenergie en lossen de afwateringsproblematiek in hun gebied op. Ook de wetlands lossen de afwateringsproblematiek op door een grote waterbergingscapaciteit (Van Ryckegem *et al.*, 2006). In 2014 begonnen de uitvoeringswerken voor de aanleg van de ontpolderingen en gecontroleerde overstromingsgebieden. De overstromingsgebieden worden geacht volledig operationeel te zijn vanaf 2025 (<https://sigmaplan.be>, 15 mei 2020).

1.2 Theoretische context

Vooraf in de laatste 150 jaar onderging de Durme soms grootschalige menselijke ingrepen die de invloed van de rivier op het omringende landschap in grote mate wijzigde (Verstraeten, 2017; Werbrouck, 2006). De grote dynamiek van het landschap in de recente geschiedenis van de Durmevallei kent een opvallende wisselwerking tussen antropogene en fysische factoren. Het landschap in het algemeen is dan ook de primaire sfeer waarin de interacties tussen maatschappij en natuur plaatsvinden (Bürgi *et al.*, 2004). De mens heeft een zeer sterke invloed in landschapsveranderingen die het landschap aanpast in functie van het voorzien van noden van de maatschappij (Krajewski, 2018). Bijgevolg is verandering dus een essentieel onderdeel van het landschap en zorgt de continue wisselwerking tussen de natuurlijke processen en menselijke activiteiten in een landschap voor een unieke dynamiek (Antrop & Van Eetvelde, 2008). Dynamiek is een essentieel onderdeel van het landschap en veranderingen zijn daardoor inherent aan het landschap (Clark *et al.*, 2003).

De definitie van 'landschap' volgens de Europese Landschapsconventie sluit hier bij aan: "Landscape' means an area, as perceived by people, whose character is the result of the action and interaction of natural and/or human factors." (European Landscape Convention, 2000, hoofdstuk 1, artikel 1).

De meeste landschappen in West-Europa zijn culturele landschappen. Dat wil zeggen dat ze het product zijn van een interactieve link tussen menselijke noden en natuurlijke grondstoffen in een specifieke ruimtelijke context (Hersperger & Bürgi, 2008). Omdat de maatschappij en het milieu sterk verbonden zijn in tijd en ruimte, reflecteren culturele landschappen veranderingen in deze interacties (Birks *et al.*, 1988, Russel, 1997, 1983). De huidige landschappen zijn dan ook het resultaat zijn van vele historische lagen van menselijke activiteiten en natuurlijke processen. Bijgevolg is een historisch perspectief nodig

om hedendaagse culturele landschappen te begrijpen en duurzaam te kunnen beheren (Russel, 1997). Landschapsveranderingen intensifiëren echter snel sinds de laatste decennia door toenemende complexe processen in onze samenleving zoals sociaaleconomische veranderingen, en veranderingen in landbouw, industrie of transport (Antrop, 2004). Volgens Antrop (1997) gaat de overgang van traditionele landschappen naar de nieuwe hedendaagse landschappen ook samen met een veranderende houding naar landschappen toe. De traditionele landschappen waren hoofdzakelijk stabiel over meerdere generaties heen en werden als een gemeengoed beschouwd. Huidige landschappen kunnen meerdere keren veranderen in één leven. Ze worden ook steeds meer als maakbaar beschouwd en dienen puur om nuttig te zijn voor de noden van de maatschappij (Antrop, 1997). Deze veranderingen worden daardoor ook meer beschouwd als een bedreiging voor de traditionele cultuurlandschappen omdat ze de diversiteit, kwaliteit, identiteit en het erfgoed van deze landschappen negatief beïnvloeden (Antrop & Van Eetvelde, 2008; Pedrolí, 2000; Fairclough *et al.*, 2002). Deze bedreiging werd ook beschreven als grote uitdaging voor de Europese landschappen in de Dobříš Assessment van het European Environment Agency (Stanners & Bourdeau, 1995). Door de omvang en snelheid van deze veranderingen kan de duurzaamheid van een landschap onder druk komen te staan (Selman, 2012). Deze landschapsduurzaamheid is belangrijk omdat ze de capaciteit biedt om langdurig en consistent *ecosystem services* te bieden voor het menselijk welzijn (Wu, 2013).

Het onderzoek naar landschapsveranderingen is hierdoor een sterk toegenomen in de laatste decennia, maar veel van dat onderzoek zit verspreid over verschillende disciplines (Plieninger *et al.*, 2016). Om deze veranderingen echter goed te kunnen begrijpen, moeten de onderliggende processen die deze veranderingen veroorzaken onderzocht worden (Hersperger & Bürgi, 2008). In veel gevallen is het onderzoek naar landschapsveranderingen beperkt tot het beschrijven en analyseren van ruimtelijke patronen. Terwijl het begrijpen van de processen die achter de transformaties van landschappen liggen cruciaal zijn om waardevolle landschappen duurzaam te beheren en/of conserveren (Antrop, 2006). Traditioneel onderzoekt landschapsecologie hoe ruimtelijke patronen de ecosystemen en ecologische processen in een landschap beïnvloeden. Het is echter cruciaal om zowel geschiedenis als landschapsecologie te integreren in onderzoek naar landschapsveranderingen (Bürgi & Russel, 2001). De uitdagingen die gepaard gaan met het verdwijnen van duurzaamheid in het landschap spelen zich namelijk in tijd en ruimte af. De interdisciplinaire aanpak in het onderzoek is relevant (Bürgi & Russel, 2001). Het inzicht dat veranderingen in landgebruik één van de belangrijkste factoren is in de *global climate change*, maakt dit onderzoek nog actueler (Dale *et al.*, 1993; Meyer & Turner, 1994).

Om oorzaak en effect relaties te begrijpen, kan het concept van de *driving forces* gebruikt worden. Driving forces zijn de drijvende krachten die landschappen zichtbaar veranderen. Op deze manier beïnvloeden ze het traject dat de ontwikkeling van een landschap bepaalt doorheen de tijd (Bürgi *et al.*, 2004). Er kunnen vijf grote types van driving forces onderscheiden worden: sociaaleconomisch, politiek, technologisch, cultureel & natuurlijk/ruimtelijk (Brandt *et al.*, 1999; Bürgi *et al.*, 2004; Hersperger & Bürgi, 2007). De economische driving forces zijn sterk gelinkt met de politieke omdat de economische noden en marktdruk vaak uitgedrukt worden via politieke programma's, wetten en beleid (Hersperger & Bürgi,

2009). Cultuur kan een landschap ook sterk beïnvloeden aangezien cultuur een landschap kan vormgeven, maar een landschap ook een cultuur vormgeeft (Nassauer, 1995). Volgens Bürgi *et al.* (2004) blijft cultuur wel een vaag concept dat een complexe dimensie omvat. Ook de technologische driving forces hebben grote invloed op landschapsveranderingen, zoals de technologische modernisatie van de landbouw bijvoorbeeld (Hersperger & Bürgi, 2009). Bij de natuurlijke/ruimtelijke driving forces zijn er de karakteristieken van een site enerzijds (topografie, ruimtelijke indeling, bodem, ...) en natuurlijke verstoringen zoals bijvoorbeeld overstromingen of klimaatverandering op globale schaal (Hersperger & Bürgi, 2009). Antrop & Van Eetvelde (2017) stellen een natuurlijke calamiteit op zichzelf voor als een belangrijke driving force. Een specifieke driving force wordt bepaald door de ruimtelijke, temporele en institutionele schaal van het onderzoeksobject. Het is dus cruciaal om de gepaste schaal te vinden voor een specifiek onderzoek dat gebruik maakt van het concept driving forces (Bürgi *et al.*, 2004). Zo kunnen gekende globale driving forces zoals urbanisatie, industrialisatie, productie, globalisatie en mobiliteit op een lokale schaal juist zorgen voor een veelvoud aan verschillende processen die het lokale landschap veranderen (Bürgi *et al.*, 2004; Antrop & Van Eetvelde, 2008). Eén bepaald globaal proces kan op lokale schaal één of meerdere lokale mechanismen in landschapstransformatie veroorzaken (Antrop & Van Eetvelde, 2008). De grote groepen van driving forces zorgen dus voor specifieke processen die met elkaar interageren en ook nog eens op verschillende schalen plaatsvinden. Waarbij lokale en regionale processen in het verleden dominant waren, neemt het belang van de globale schaal toe. Globalisatie en klimaatsverandering zijn voorbeelden van zulke processen (Antrop & Van Eetvelde, 2017). Volgens Bürgi *et al.* (2004) hoeft verandering in een landschap niet altijd het gevolg te zijn van geplande acties. Een verandering kan ook plaatsvinden als onverwacht gevolg van een bepaalde actie. Hierbij komt het concept van *feedback loops* naar voor als onderdeel van het complexe systeem aan interacties en afhankelijkheden dat een driving force vormt op verschillende spatiotemporele schalen (Bürgi *et al.*, 2004; Blaikie, 1985).

1.3 Onderzoeksvragen en -objectief

De Beneden-Durme kent sinds het midden van de 20^{ste} eeuw twee belangrijke knelpunten: een beperkte natuurlijke afwatering naar de Durme en een sterke sedimentatieproblematiek, zeker in de stroomopwaartse delen van de Beneden-Durme. Zowel Werbrouck (2006) als Verstraeten (2017) vermelden deze twee knelpunten in hun ruim overzicht van de recente evolutie van de Durmevallei. Beide auteurs suggereren een zeker verband tussen het ontstaan van deze knelpunten en grootschalige en kleinschalige menselijke aanpassingen in het landschap in de voorbije 150 jaar. Daarnaast zijn er in het kader van de uitvoering van het geactualiseerde Sigmaphan sinds eind jaren '90 veel thematische rapporten over de Durmevallei opgesteld door experts van de Vlaamse Overheid. Deze rapporten variëren van syntheseverslagen van hydrologische en ecologische studies tot rapporten met visies over ecologische doelstellingen en de effecten van de gestelde doelstellingen op de fysische knelpunten in de vallei. Elk van deze studies is echter zeer thematisch en gefocust op één onderwerp. Het zijn vaak

technische rapporten van ingenieurs ter ondersteuning van de implementatie van het Sigmaplan in de Durmevallei.

De huidige literatuur spitst zich dus toe op de specifieke knelpunten in de vallei of behandelt slechts een zeer algemene chronologie van deze landschapsingrepen. Wat echter ontbreekt is een meer holistisch gerichte analyse op de dynamiek van de Durmevallei. Een studie die zich juist toespitst op de specifieke wisselwerking van beide aspecten is bijgevolg relevant in dit gebied.

Deze masterproef neemt het verband dat Werbrouck (2006) en Verstraeten (2017) suggereren aan als basis om specifiek de wisselwerking tussen antropogene en fysieke factoren in de vallei van de Beneden-Durme te onderzoeken. Hiermee kadert deze thesis in het onderzoek naar landschapsveranderingen dat de laatste decennia populairder is geworden over verschillende disciplines heen, zoals Plieninger *et al.* (2016) vermelden. In dit geval gaat het specifiek om een lokale *case study* waarbij het concept van de driving forces wordt gebruikt zoals het toegepast is in Bürgi *et al.* (2004) en Hersperger & Bürgi (2009). Het methodologische *framework* dat beide publicaties bieden wordt hier als voorbeeld gebruikt om de driving forces van de landschapsveranderingen in de vallei van de Beneden-Durme te achterhalen.

Dit leidt tot de algemene onderzoeksvraag van de masterproef:

Wat zijn de interacties tussen mens en natuur in de Beneden-Durmevallei in de voorbije 200 jaar en welke invloed hadden en hebben ze nog steeds op het omringende landschap?

De onderzoeksvraag is vrij algemeen geformuleerd, dus is er nood aan een toespitsing op enkele specifieke deelvragen;

1) Welke kwantitatieve veranderingen kunnen geobserveerd worden in de vallei van de Beneden-Durme sinds de grote landschappelijke veranderingen eind 18^e, begin 19^e eeuw?

Deze kwantitatieve landschapsverandering moeten geanalyseerd worden om ze te kunnen koppelen aan menselijke aanpassingen in het landschap. Op deze manier kunnen de relevante driving forces in het studiegebied achterhaald worden.

2) In welke tijdsperioden van de afgelopen 200 jaar kende het landschap in het studiegebied het grootste en het meest intensieve aantal veranderingen?

De bedoeling is om de meest dynamische perioden van landschapsverandering te achterhalen. Dit is van belang om te weten in welke perioden de driving forces het meeste invloed hadden.

3) Welke concrete menselijke ingrepen in de afgelopen 200 jaar hadden invloed op de hydrografie van de Beneden-Durme?

Het doel is om een, al dan niet causaal, verband te vinden tussen de verschillende menselijke ingrepen van de voorbije 200 jaar en de evolutie van de rivier zelf. Dit omvat dus kleinschalige

ingrepen van de aanleg van loskades, bruggen tot grootschalige ingrepen zoals baggeren en de recente aanleg van overstromingsgebieden in het studiegebied.

4) Wat zijn en waren driving forces van landschapsverandering in het studiegebied?

De bedoeling is om een lijst te bekomen van de meest relevante driving forces van landschapsverandering in de vallei van de Beneden-Durme. Vervolgens moeten deze getoetst worden aan specifieke landschapsveranderingen in het studiegebied.

5) Zijn er potentiële feedbackloops terug te vinden tussen menselijke ingrepen en landschapsveranderingen in de vallei van de Beneden-Durme in de afgelopen 200 jaar?

De recente evolutie van de Beneden-Durmevallei kenmerkt zich door een relatief snelle opeenvolging van menselijke ingrepen en natuurlijke responsen. Dit maakt het concept van de feedbackloop interessant voor deze studie. Bij een feedback of terugkoppeling heeft de output van een proces invloed op de input van dat proces. Het doel is hier om de effecten van bepaalde ingrepen te achterhalen die op zich de oorzaak waren van andere concrete veranderingen of ingrepen.

1.4 Opbouw Masterproef

In hoofdstuk 2 wordt het studiegebied van de Beneden-Durme verder gedefinieerd en afgebakend. Daarnaast wordt een toelichting gegeven over de historische loop van de Durme sinds de middeleeuwen tot nu.

Hoofdstuk 3 bespreekt de methodologie die deze thesis volgt. Eerst wordt een theoretische inleiding gegeven die de basis vormt voor de uitgewerkte methodologie. Daarna wordt een overzicht gegeven van de verschillende methoden zoals een kaartanalyse, bronmateriaal, herfotografie van historische foto's en een systeemsynthese waarin de driving forces van landschapsverandering gekoppeld worden aan de verschillende delen van de methode.

Hoofdstuk 4 toont en bespreekt de resultaten van de verschillende delen in de methode. De resultaten van de kaartanalyse worden toegelicht, de landschapselementen bij de herfotografie worden beschreven en de potentieel relevante driving forces in het studiegebied worden opgelijst. Tenslotte volgt er een synthese waarin de relevante relaties en verbanden van de resultaten uitgezocht zijn.

In Hoofdstuk 5 volgt de discussie die de belangrijkste inzichten van de resultaten samenvoegt. Daarnaast wordt de methodologie van het onderzoek kritisch besproken en teruggekoppeld aan eerder onderzoek. Op het einde volgen aanbevelingen voor toekomstig onderzoek rond het thema.

In Hoofdstuk 6 wordt het onderzoek kernachtig samengevat en wordt er antwoord gegeven op de geformuleerde onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 7 omvat de lijst met gebruikte referenties.

Hoofdstuk 8 omvat de appendix.

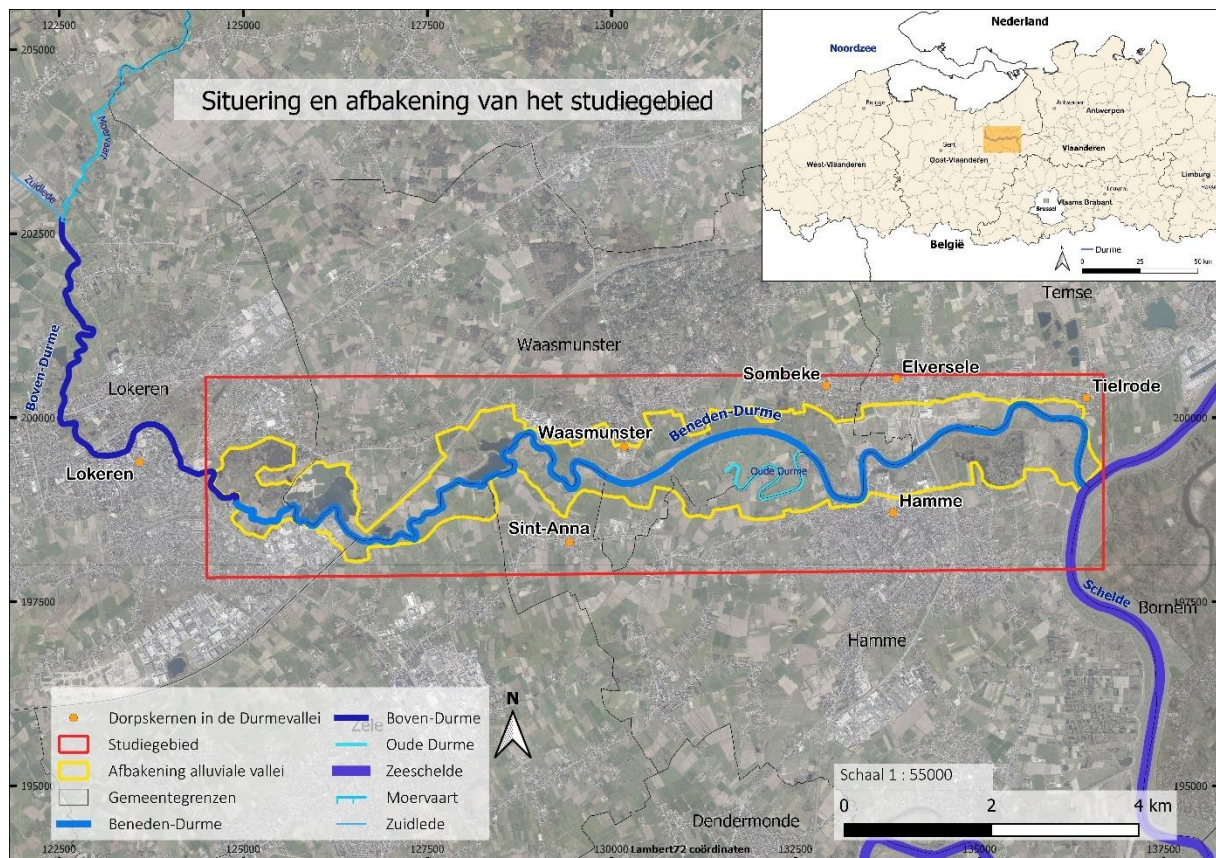
2. STUDIEGEBIED

2.1 Geografische situering en afbakening

Het studiegebied omvat de vallei van de Beneden-Durme. Deze vallei vormt de oostelijke tak van de Vlaamse Vallei. De Beneden-Durme, ook wel Tijdurme genoemd, loopt over een afstand van ongeveer 17 km van de monding in de Schelde nabij Tielrode tot aan een afdamming in Lokeren (figuur 1). Dit deel van de Durme heeft een west-oostelijke stroomrichting en is ook het enige deel van de Durme dat onder invloed van het getij staat met slechts een miniem bovendebiet (Verstraeten, 2017). Ter hoogte van Tielrode is het getijverschil het grootste met een gemiddeld getijverschil van meer dan vier meter. Deze sterke getijdewerking is zeer opmerkelijk zo ver landinwaarts (Van Uytfanghe, 1979). De alluviale vallei is ongeveer 12 km lang van Lokeren tot Tielrode en ongeveer 3 km breed noord-zuidwaarts (Taverniers, 1979). De vallei van de Beneden-Durme is asymmetrisch omdat ze een steile noordhelling en een zacht hellende zuidgrens heeft. In het noorden wordt de vallei namelijk begrensd door de cuesta van het Waasland, waarlangs de Durme als een subsequeunte rivier stroomt. In het zuiden van de vallei vormt een subtiele lage zandrug in Zele en Hamme de valleigrens. Het cuestafront bereikt een hoogte van ongeveer 30 meter TAW en de lage zandrug is niet veel hoger dan 6 meter TAW (Taverniers, 1979). De alluviale vallei ligt ongeveer op 3 meter TAW en kent slechts een gering verval naar het oosten toe (Mys & Vlassenbroeck, 1979). In het westelijke deel van de vallei loopt een deel van de autosnelweg E17 tussen Sint-Niklaas en Lokeren. Deze vormt een grote lijnvormige verstoring die de alluviale vallei in het westen grotendeels afbakt.

Omdat de volledige riviervallei opgenomen is in dit onderzoek, wordt het begrip 'vallei' ruim beschouwd. Dat wil zeggen dat het studiegebied niet enkel de alluviale vallei omvat, maar ook het ruimere landschap met de omliggende nederzettingen. Het valleilandschap wordt hier als een systeem beschouwd dat niet scherp af te bakenen is, maar bijvoorbeeld ook invloed ondervindt van de nederzettingen net buiten de vallei. Daarom is het studiegebied aangeduid met een indicatieve rechthoek die de zowel de alluviale vallei als de omringende gebieden aanduidt (figuur 1). Het studiegebied is gelegen in de gemeenten Temse, Hamme, Waasmunster, Zele en Lokeren. Daarnaast zijn er ook enkele dorpskernen die zich aan of net op de rand van de alluviale vallei bevinden. Deze zijn (van oost naar west beschouwd): Tielrode, Elversele, Hamme, Sombeke, Waasmunster & Sint-Anna. Enkel in Tielrode en Hamme raakt de bebouwing tot aan de Durme. De bebouwing in de alluviale vallei is zeer beperkt tot enkele geïsoleerde sites. Enkel nabij de dorpskernen komt er steeds meer bebouwing voor (Werbrouck, 2006). Omdat kwantitatieve analyses van landschapsveranderingen wel een scherpe begrenzing eisen, is er een tweede zone afgebakend in de rechthoek die het studiegebied voor de analyses voorstelt. Dit is de begrenzing van de alluviale vallei (kaart 1). De afbakening hiervan is in eerste instantie gebeurd door met behulp van een LiDAR-beeld een lijn te trekken rondom alle gebieden die lager dan 6 meter TAW gelegen zijn. Deze hoogte kan immers beschouwd worden als het overstroombare gedeelte van de Beneden-Durmevallei wanneer men het waterniveau van springtij beschouwt (Verstraeten, 2017). Door menselijke vergravingen en ophogingen, maar ook door natuurlijk voorkomende hogergelegen zandige

opduikingen vormde dit echter geen homogeen gebied. Daarom zijn er op basis van de Kabinetskaart van Ferraris (1771-1778) en de bodemkaart van België enkele aanpassingen gedaan aan de eerste afbakening om een meer uniforme begrenzing te bekomen. Hierbij werden gebieden met alluviale bodems en de aanduiding van historische meersen bij de alluviale vallei gevoegd. In Tielrode en Hamme werden er wegen genomen als afbakening om een duidelijke grens aan te duiden op plaatsen waar de bebouwing tot tegen de rivier raakt. De totale oppervlakte van de alluviale vallei volgens deze afbakening is 12,28 km².

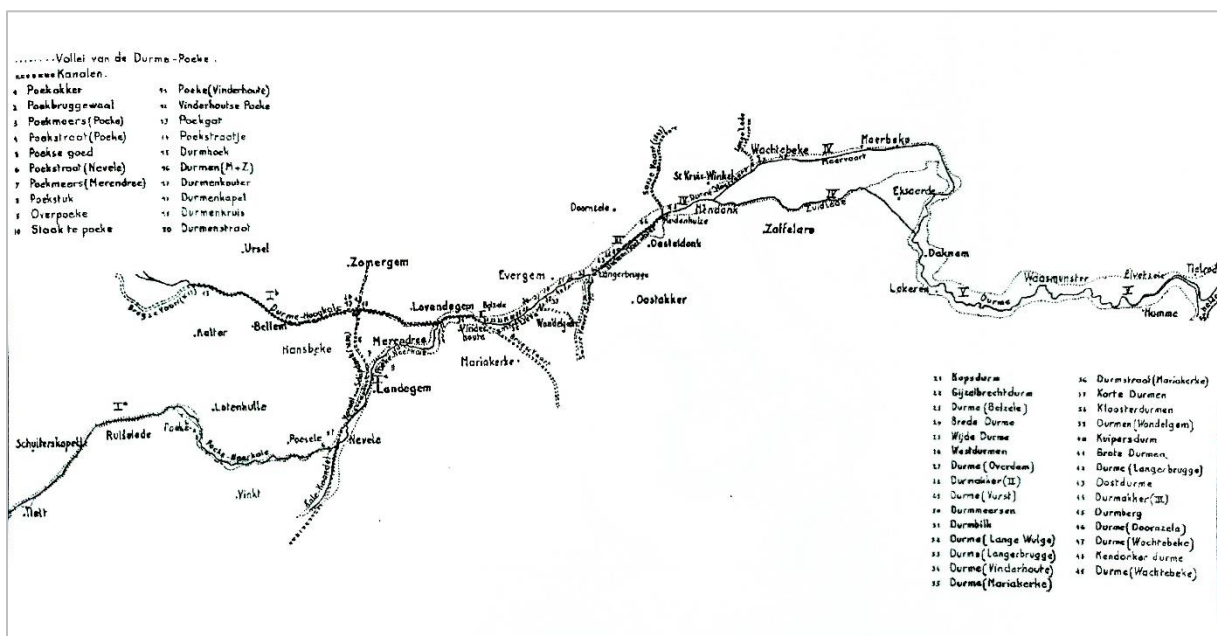


Figuur 1: Geografische situering en afbakening van het studiegebied. De coördinaten zijn weergegeven in Lambert72 (data & achtergrond: Informatie Vlaanderen).

2.2 De historische loop van de Durme

Omstreeks de 13^{de} eeuw kwam de Durme onder invloed van het getij te staan. Door het ontstaan van de Westerschelde kwam er een kortere verbinding van de Schelde met de Noordzee. Hierdoor verkleinde de afstand van de Durmemonding tot de Noordzee en begon het getij verder landinwaarts te reiken (Mys *et al.*, 1983; Taverniers, 1979). Voordien was de Durme slechts een smalle neerslagrivier met een winterbedding in een brede alluviale vlakte (Mys *et al.*, 1983). De overgang naar getijden zorgde voor overstromingen en slibaanvoer, wat de hydrologische dynamiek van de rivier totaal veranderde. Er werden vanaf de 14^{de} eeuw dijken gebouwd en het land aan de binnenzijde van de dijken (aan de landkant) werd ontgonnen tot vochtige weiden, ook wel meersen genoemd. Het buitendijks gedeelte

werd een smalle strook van slikken en schorren (Van Uytfanghe, 1979). Vanaf dat moment was de Durme een brede tijrivier, met een relatief smalle laagwater- en zomerbedding, een iets bredere hoogwaterbedding en een zeer brede stormvloed- en winterbedding (Taverniers, 1979). Op dat moment had de Durme een veel groter hydrografisch bekken dan vandaag. Door middel van een toponymische studie kon De Vos (1958) de middeleeuwse loop van de Durme reconstrueren (figuur 2). Het natuurlijke bekken strekte zich uit tot aan West-Vlaanderen. De bovenloop van de rivier werd gevormd door twee beken: De Poekebeek-Nederkale en de Hoogkale. De Poekebeek-Nederkale ontspringt in Tielt en stroomt via Ruiselede, Poeke, Nevele en Landegem richting Vinderhout (De Vos, 1958). De andere beek had een bron nabij Aalter en stroomde zo verder oostwaarts tot aan Vinderhout. Oorspronkelijk had deze beek ook de naam Durme, maar deze werd aan het begin van de 15^{de} eeuw verdrongen door de naam Hoogkale (De Vos, 1958). Deze Hoogkale werd uiteindelijk volledig opgenomen in de bedding van het kanaal Gent-Brugge toen dat in de 16^e eeuw gegraven werd. Ter hoogte van Vinderhout vloeiden beide beken samen tot één beek met de naam Kale, voorheen ook wel Kale-Durme genoemd (De Vos, 1958). De Kale stroomde vervolgens richting het noordoosten langs Langerbrugge tot in Mendonk. Nabij Mendonk splitste de rivier zich in twee armen die oostwaarts lopen: het kanaal de Moervaart en de Zuidlede. Tussen beide vertakkingen bevindt zich een omvangrijk laaggelegen meersgebied, de Moervaartdepressie (Van Eetvelde, 1995). Beide vertakkingen komen vervolgens die ter hoogte van Daknam terug samen tot wat nu de huidige Durme genoemd wordt (De Vos, 1958; Verstraeten, 2017).

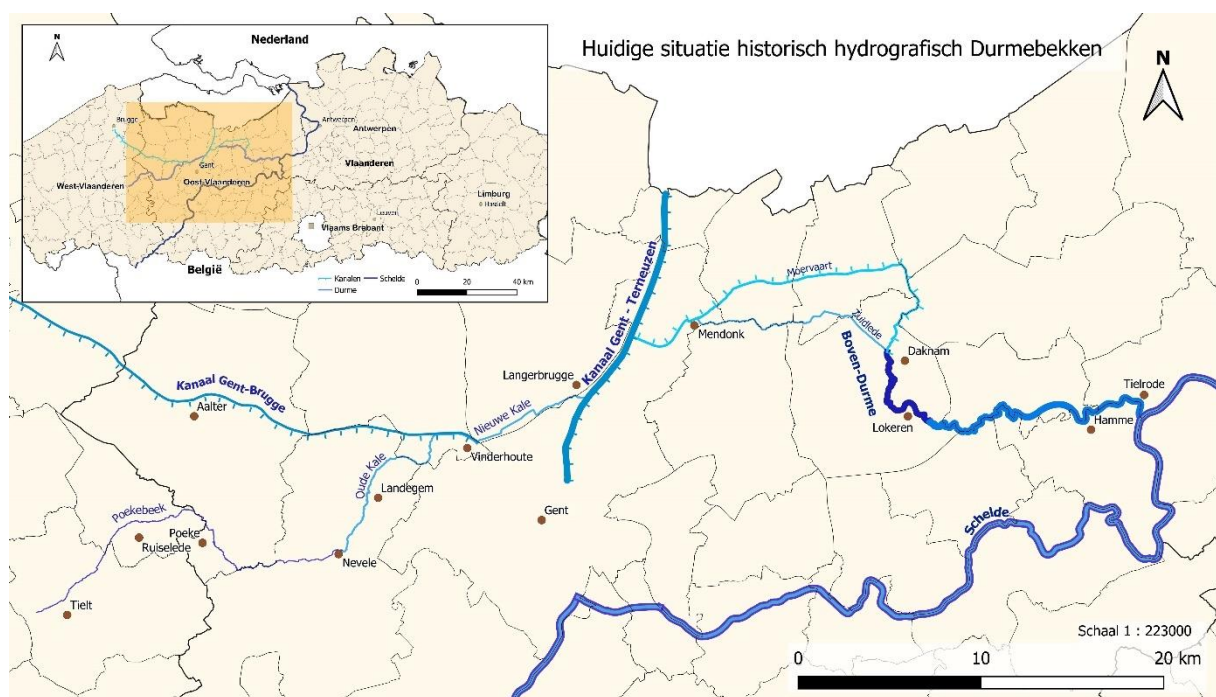


Figuur 2: Reconstructie van de middeleeuwse loop van de Durme a.d.h.v. toponiemen (De Vos, 1958).

De loop van de rivier werd echter ten noorden van Gent verschillende keren in de geschiedenis doorsneden door kanalen. De opeenvolgende uitgraving van de Sassevaart (16^{de} eeuw), kanaal Gent-Brugge (16^{de} eeuw) en finaal het kanaal Gent-Terneuzen (19^{de} eeuw) sneden geleidelijk aan het

bovendebiet van de Durme af (Verstraeten, 2017). De Sassevaart nam al een grote hoeveelheid oppervlaktewater af van de Kale, maar zeker de aanleg van het kanaal Gent-Terneuzen betekende het einde van het bovendebiet. Dat kwam omdat dit kanaal geen afvloeiing kon missen in de zomer zodat het waterpeil hoog genoeg bleef voor de boten. Vanaf dat moment bleef de Durme quasi enkel aan het getij onderhevig omdat het eigen hydrografisch netwerk ten oosten van het kanaal Gent-Terneuzen amper bovendebiet gaf (Taverniers, 1979). Bijgevolg nam de netto invoer van sediment tijdens hoogtij snel toe en dit lag aan de basis van de latere verzandings- en overstromingsproblematiek. Na herhaalde wateroverlast in Lokeren werd in 1955 beslist om een dam te bouwen stroomafwaarts aan het Molsbroek. Dat zorgde voor de finale splitsing tussen de huidige Boven-Durme die afwatert richting de Moervaart en de Beneden-Durme die onderhevig is aan het getij (Verstraeten, 2017; Taverniers, 1979). De huidige monding in de Schelde nabij Tielrode is pas gevormd in de 13^{de} eeuw. Voordien lag de monding vermoedelijk ter hoogte van Temse (Verstegen, 1969). Volgens Taverniers (1979) sloeg de grote stormvloed van 1394 een bres in de rechteroever van de Durme ter hoogte van de huidige monding. Vanuit deze bres kon de vloedstroom een nieuwe bedding uitschuren tot aan het gehucht Branst, waar de verdere bovenloop van de Schelde terug werd aangetapt. Hierdoor nam de Schelde een deel van de Durmebedding in, en werd de Durme westwaarts ingekort tot haar huidige monding

De huidige situatie van het hydrografisch bekken bestaat dus uit verschillende waterlopen en kanalen waarvan de Beneden-Durme slechts één onderdeel vormt (figuur 3).



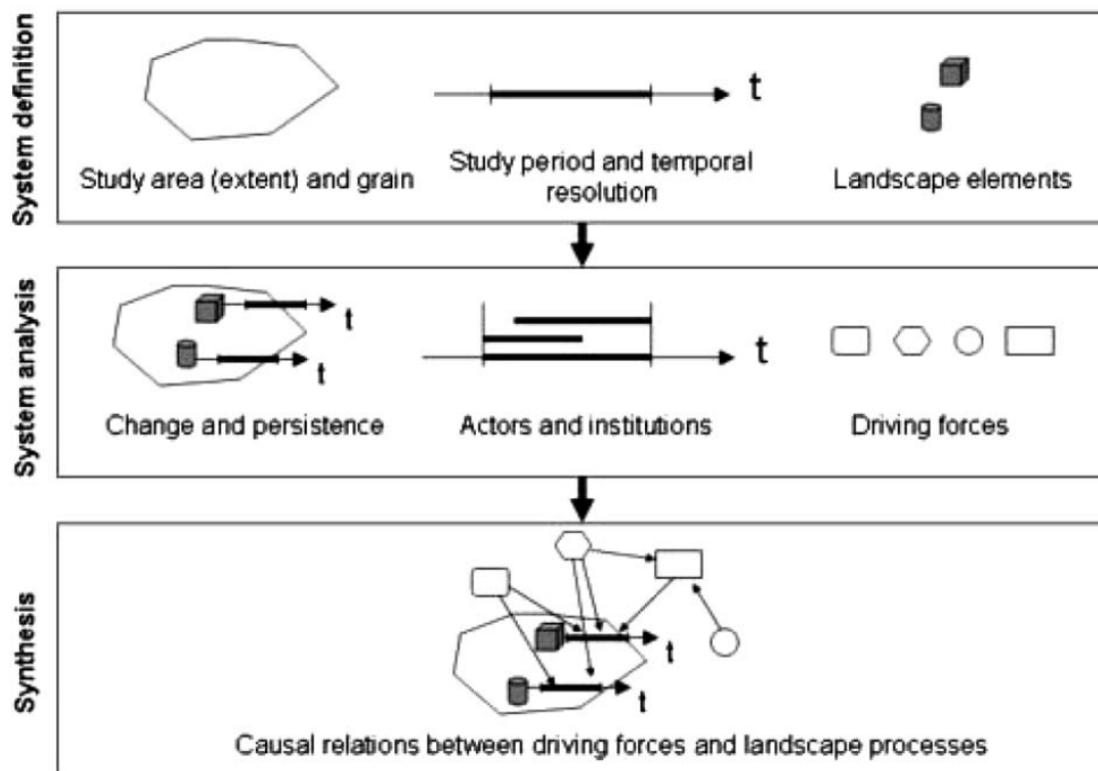
Figuur 3: Huidige situatie van de waterlopen en kanalen in het historisch hydrografisch bekken van de Durme (data: Informatie Vlaanderen).

3. METHODEN

3.1 'The general system theory' als methodologisch kader

De maatschappij en de natuurlijke omgeving zijn sterk met elkaar verbonden in ruimte en tijd. Culturele landschappen zijn dan ook het resultaat van deze sterke verbondenheid (Birks et al., 1988; Russell, 1983, 1997). Wanneer de driving forces van landschapsveranderingen onderzocht worden, is het dus noodzakelijk om een zo volledig mogelijk inzicht te krijgen op deze verbondenheid tussen maatschappij en natuur (Bürgi & Russel, 2001). Volgens Bürgi & Russel (2001) is een interdisciplinaire samenwerking tussen landschapsecologie en geschiedenis de ideale invalshoek om die verbondenheid te onderzoeken. Een aangewezen methode hierbij is om tijdslijnen op te stellen van de evolutie van natuurlijke kenmerken en menselijke activiteiten in een landschap. Een vergelijking tussen beide tijdslijnen kan vervolgens leiden tot meer zichtbaarheid op bepaalde patronen in de landschapsverandering, al dan niet met een causale link tussen menselijke ingrepen en een natuurlijke respons (Bürgi & Russel, 2001). Bürgi *et al.* (2004) gaan nog een stap verder in de uitwerking van een mogelijke methodiek om de driving forces van landschapsverandering te onderzoeken. Er wordt een standaardprocedure voorgesteld die gebaseerd is op de *general system theory* en die uit drie stappen bestaat (Bürgi *et al.*, 2004) (figuur 4):

1. Systeemdefinitie: Een duidelijke definiëring van het onderzochte landschapssysteem die zich beperkt tot de focus van het onderzoek is cruciaal. De afbakening van het studiegebied, het bepalen van de onderzochte tijdsperiode en de temporele resolutie, maar ook de relevante landschapselementen bepalen zijn daarom de eerste stap. De beschikbaarheid van geschikte en kwaliteitsvolle data vormt weliswaar een beperking bij het definiëren.
2. Systeemanalyse: Bij de analyse ligt de focus op drie subsystemen: de evolutie en persistentie van fysieke landschapselementen, het bepalen van de relevante actoren en instellingen die potentieel invloed uitoefenen op het onderzochte landschap en tenslotte ook de potentiële driving forces.
3. Systeemsynthese: De actoren, instituties en driving forces worden causaal gelinkt. Vervolgens wordt hun impact op de landschapselementen onderzocht.



Figuur 4: De driedelige procedure om de driving forces van landschapsverandering te onderzoeken (Bürgi et al., 2004).

De algemene methode in dit onderzoek is gebaseerd op deze voorgestelde standaardprocedure. De eerste stap van de systeemdefinitie is al reeds beschreven in hoofdstuk 1 en 2. De systeemanalyse bestaat uit een kaartenanalyse om de kwantitatieve veranderingen in het landschap van de Beneden-Durmevallei te achterhalen, de berekening van een index die landschapsverandering meet en ook een herfotografie van historische foto's in het studiegebied die focust op de menselijke elementen. Tenslotte wordt er gezocht naar de potentiële driving forces in het studiegebied aan de hand van een literatuurstudie en volgt de systeemsynthese waarin alle voorgaande elementen worden samengebracht.

3.2 Systeemanalyse

3.2.1 Kaartanalyse

3.2.1.1 Kaartmateriaal

Om het uitzicht van historische landschappen te onderzoeken, kan er enkel gebruikt gemaakt worden van secundaire databronnen. Hedendaagse landschappen kunnen daarentegen eenvoudiger geobserveerd worden door middel van teledetectie en veldobservaties. Kaarten vormen echter een geschikte secundaire bron voor onderzoek naar landschapsveranderingen omdat ze zowel in tijd en

ruimte een grote dekking kunnen hebben van een bepaald gebied (Vuorela *et al.*, 2002). Topografische kaarten zijn daarom een populaire bron in landschapsonderzoek omdat ze meestal snel beschikbaar zijn en vrij consistente informatie bieden over de spatiotemporele omvang in vergelijkbare studies naar landschapsveranderingen (Hersperger & Bürgi, 2009). Omdat analyses van landschapsveranderingen vaak over een lange periode in de tijd uitstrijken, worden er verschillende soorten kaarten gebruikt, van historische kaarten over landgebruik, tot historische kaarten met militair doel, tot de moderne topografische kaarten. De thematische kwaliteit kan echter sterk verschillen tussen deze verschillende kaartbronnen, waardoor een vergelijking tussen historische en hedendaagse kaarten soms uitdagingen met zich meebrengt (Vuorela *et al.*, 2002). Antrop (1998) vermeldt ook dat historische kaarten slechts een beperkte en tijdsgebonden weergave zijn van het landschap, waardoor bepaalde veranderingen in het landschap niet geregistreerd worden. Zo kunnen wijzigingen die te klein zijn om op te merken, teruggedraaid zijn naar de oorspronkelijke staat of tussen twee momentopnames van kartering vallen (Antrop & Van Eetvelde, 2008). Ook de aanwezigheid van fouten en geometrische onnauwkeurigheden moet beschouwd worden wanneer er met historische kaarten gewerkt wordt (Thoen, 1996). Los van deze beperkingen vormen ze wel een belangrijke bron voor de reconstructie van historische landschappen door hun verticale perspectief dat zeer gebiedsdekkend is (Thoen, 1996). Om verandering in een landschap te observeren, moet de toestand van een landschap op verschillende momenten in de tijd vergeleken worden. Topografische kaarten zijn ideaal om deze toestand voor te stellen en het tijdsinterval tussen twee kaarten vormt de temporele resolutie voor een studie (Antrop & Van Eetvelde, 2008).

Omdat dit onderzoek de tijdsperiode van begin 19^e eeuw tot nu omvat, werd de Kabinetskaart van Ferraris (1771-1778) gekozen als beginreferentie voor de kaartenanalyse. Deze kaart is de meest nauwkeurige weergave van het studiegebied voor de industriële revolutie die de overgang van traditionele landschappen tot nieuwe dynamische landschappen met zich meebracht (Antrop, 1997; De Maeyer & Ooms, 2015). De kartering onder leiding van graaf de Ferraris was de eerste grootschalige en gebiedsdekkende kartering van de Oostenrijkse Nederlanden, ruimweg het huidige België (Antrop, 1997). Het kaartblad dat het studiegebied omvat, dateert uit 1775 (Thoen, 1996; Werbrouck, 2006). Vervolgens zijn de opeenvolgende topografische kaarten die het Nationaal Geografisch Instituut (NGI) en haar voorlopers uitbrachten, gebruikt voor de kaartenanalyse. Er werden zes series van topografische kaarten gebruikt die gepubliceerd zijn in 1869-1870, 1909, 1968-1968, 1984, 1997-2000 en 2016. Deze kaarten werden gekozen uit de beschikbare informatie omdat ze een kwaliteitsvolle weergave bieden van het landgebruik in het studiegebied, een vrij uniforme manier van karteren hebben (bijvoorbeeld symbolen en gelijkaardige landgebruikcategoriën in de legende) en steeds op dezelfde of gelijkaardige schaal gemaakt zijn. Daarom vormen ze de beste bronnen om de landschapsveranderingen in de Durmevallei sinds de Ferrariskaart te onderzoeken. De volledige informatie over de kaarten die gebruikt zijn in deze analyse met hun voordelen en beperkingen, wordt vermeld in tabel 1. Om het meest recente uitzicht van het huidige landschap in de Durmevallei te bekomen, werd er ook nog een middenschalige orthofoto uit maart 2020 van Informatie Vlaanderen gebruikt. Samen met de topografische kaart uit 2016

vormen ze de basis van de referentietoestand 2020. De Ferrariskaart en de topografische kaart uit 2016 vormen twee uitersten in de tijd qua cartografische bron en voorgesteld landschap. Daarom worden er interpretaties gemaakt van beide kaarten in het studiegebied, door annotaties van de belangrijkste landschapselementen toe te voegen. Dit moet historisch inzicht geven in het landschap.

De publicatiejaren vormen de temporele resolutie van de kaartanalyse. Bijgevolg wordt de periode 1775-2020 opgesplitst in zes perioden: 1775-1869(70), 1869(70)-1909, 1909-1968(69), 1968(69)-1984, 1984-1997(2000), 1997(2000)-2016(20). Het jaar tussen de haakjes stelt hier het meest recente kaartblad voor. De eerste drie perioden zijn veel langer dan de laatste drie, maar dat komt door de beperking van het aanwezige kaartmateriaal. Bovendien is het veel kortere interval van ongeveer 15 jaar in de laatste drie perioden juist handig om de landschapsveranderingen die volgens Werbrouck (2006) steeds sneller en intensiever plaatsvinden in het studiegebied, te onderzoeken. In 1948 werd er in de oostelijke helft van het studiegebied een nieuwe topografische opname gemaakt, maar in het westelijke deel is er slechts een reproductie uitgebracht van de topografische kaart uit 1909 met enkele belangrijke wijzigingen. Omdat deze cartografische informatie bijgevolg niet van dezelfde kwaliteit is als bij de andere kaartseries, maar ook bij gebrek aan andere bronnen in de periode 1909-1968, werd 1948 niet opgenomen als referentietoestand van het landschap in deze kaartanalyse. De zes chronologische tijdsintervallen bieden wel genoeg ruimte om verschillende politieke en economische omstandigheden van de geschiedenis in het studiegebied te omvatten. Daardoor zijn ze geschikt om de driving forces van landschapsveranderingen tussen 1775 en nu te achterhalen. Volgens Van Eetvelde & Käyhkö (2009) zijn er verschillende groepen van *space-time models* die gebruikt kunnen worden om kwantitatieve landschapsveranderingen in een GIS-software te analyseren. Een eerste model zijn verschillende tijdsdoorsneden, een tweede is het verschil telkens tussen aangrenzende tijdsdoorsneden en een derde vorm is het tijd-ruimtecomposiet (Appendix 1.1). In deze kaartenanalyse wordt er zowel gebruik gemaakt van de verschillende tijdsdoorsneden onder de vorm van zeven landgebruikkaarten alsook van het tweede model door middel van de *landscape change index*.

3.2.1.2 Bronnen topografische kaarten & orthofoto's

Tabel 1 geeft een overzicht van het gebruikte bronmateriaal voor de kaartanalyse. De informatie over de mogelijkheden en beperkingen van elke kaartbron komt uit De Maeyer & Ooms (2015) of is gebaseerd op eigen ervaringen tijdens het karteren.

Tabel 1: Overzicht van het kaartmateriaal met voordelen & beperkingen

Titel	Kaartblad	Schaal	Datum	Beheerder	Voordelen & mogelijkheden	Beperkingen
Kabinetskaart van Ferraris	57- Saint-Nicolas (Sint-Niklaas)	1:11250	1775	Koninklijke Bibliotheek van België - Ter beschikking gesteld door vakgroep geografie UGent	<ul style="list-style-type: none"> • Grootschalig • Belangrijk als historische informatiebron • Inventaris van plaatsnamen = toponymie • Kleur • Indicatie van gebouwen, bodemgebruik & wegennet 	<ul style="list-style-type: none"> • Sterke geometrische vervormingen • Vervormingen en fouten in lijnvormige elementen • Weinig inzicht in topografie, eerder indicaties. • Percelering geeft slechts een indicatie en geen realistische toestand. • Legende beperkt, vooral militair nut → beperkt aantal categorieën
Topografische kaart van het Dépôt de la Guerre	15/5 – Sint-Niklaas ¹ & 14/8 – Lokeren ²	1:20000	1869 ¹ & 1870 ²	Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - Ter beschikking door vakgroep geografie UGent	<ul style="list-style-type: none"> • Minder geometrische vervormingen in vergelijking met de Ferrariskaart • Legende is uitgebreider 	<ul style="list-style-type: none"> • Graad van detail is niet altijd even nauwkeurig. • Kleine geometrische vervormingen
Topografische kaart van het Militair Cartografisch Instituut	15/5 – Sint-Niklaas ¹ & 14/8 – Lokeren ²	1:20000	1909 ^{1&2}	Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - Ter beschikking door vakgroep geografie UGent	<ul style="list-style-type: none"> • Sterk verbeterde geometrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Andere symbolen en verschillende kleurgebruik maken interpretatie moeilijker. • Kleine geometrische vervormingen
Topografische kaart van het Militair Geografisch Instituut	15/5-6 – Sint-Niklaas/Temse ¹ & 14/7-8 Zeveneken – Lokeren ²	1:25000	1969 ¹ & 1968 ²	Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - Ter beschikking door vakgroep geografie UGent	<ul style="list-style-type: none"> • Kartering gebaseerd op orthofoto's zorgt voor een grote nauwkeurigheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkleining schaal zorgt voor een - weliswaar beperkte - generalisatie van bepaalde landschapselementen.
Topografische kaart van het NGI	15/5-6 – Sint-Niklaas/Temse ¹ & 14/7-8	1:25000	1984 ^{1&2}	Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - Ter beschikking door vakgroep geografie UGent	<ul style="list-style-type: none"> • Kartering gebaseerd op orthofoto's zorgt voor een grote nauwkeurigheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkleining schaal zorgt voor een - weliswaar beperkte - generalisatie van

	Zeveneken – Lokeren ²					bepaalde landschapselementen.
Topografische kaart van het NGI	15/5-6 – Sint-Niklaas/Temse ¹ & 14/7-8 Zeveneken – Lokeren ²	1:20000	1997-2000	Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - Ter beschikking door vakgroep geografie UGent	<ul style="list-style-type: none"> • Kartering gebaseerd op orthofoto's zorgt voor een grote nauwkeurigheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Andere symbolen en verschillende kleurgebruik maken interpretatie moeilijker.
Topografische kaart van het NGI	15/5-6 – Sint-Niklaas ¹ & 14/7-8 – Lokeren ²	1:25000	2016 ^{1&2}	Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - aangekocht	<ul style="list-style-type: none"> • Kartering gebaseerd op orthofoto's zorgt voor een grote nauwkeurigheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkleining schaal zorgt voor een - weliswaar beperkte - generalisatie van bepaalde landschapselementen. • Licht gewijzigde symbolen maken interpretatie moeilijker.
Middenschalige orthofoto, winteropname	/	/	Maart 2020	Informatie Vlaanderen – Vlaamse Overheid	<ul style="list-style-type: none"> • Hoge resolutie = zeer gedetailleerd • realistische weergave van het landschap 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretatie van landschapsstructuren is moeilijker door afwezigheid symbolen. • De resolutie vormt ook de beperkende factor om kleine landschapselementen te kunnen observeren.

3.2.1.3 Georefereren

De kaartanalyse werd uitgevoerd in QGIS software, maar omdat het kaartmateriaal geen informatie bevatte over een geografisch referentiesysteem, was het eerst noodzakelijk om het kaartmateriaal te georefereren. Omdat het studiegebied gelegen is in België, werd het Lambert72 projectiesysteem als referentiesysteem gebruikt in de analyse. Georefereren is een manier van beeldrectificatie op een bepaald coördinatensysteem met behulp van *ground control points* (GCPs) en transformatiefuncties (Vuorela *et al.*, 2002). De GCPs worden het beste gekozen als de minst veranderlijke elementen in het landschap die eenvoudig herkenbaar zijn doorheen de tijd (Krajewski *et al.*, 2018; Vuorela *et al.*, 2002). De orthofoto uit 2020 was al gegeorefereerd en werd daarom als referentielaag beschouwd waarop de GCPs aangeduid werden. Vervolgens werden er op de Ferrariskaart en de zes topografische kaarten herkenbare GCPs gekozen die vervolgens gezocht werden op de orthofoto uit 2020. Er werden voornamelijk kruispunten en historische gebouwen zoals kerken en kapellen aangeduid. Aangezien historische kaarten vaak geometrische fouten en vervormingen bevatten, is de keuze van de meest toepasselijke transformatiefunctie cruciaal om nauwkeurige resultaten te krijgen bij het georefereren. Polynomiale functies van hoge orde bieden de beste resultaten bij kaarten met een onbekende geometrische nauwkeurigheid. Lineaire en polynomiale functies van lagere orde zijn wel geschikt bij kaarten die een hoge nauwkeurigheid hebben (Vuorela, *et al.*, 2002). Volgens Afflek (2013) biedt de *thin plate spline* transformatie de beste kalibratieresultaten wanneer de GCPs zo nauwkeurig mogelijk een oude kaart op een nieuwe kaart moeten passen. Deze transformatie kan echter wel grote vervormingen veroorzaken die enkel vermeden kunnen worden door een raster met hoge densiteit aan GCPs te kiezen in de regio's die zo nauwkeurig mogelijk moeten passen (Jaskulski *et al.*, 2013; Krajewski *et al.*, 2018). Op basis van deze opmerkingen in de literatuur, is er telkens een verschillend aantal GCPs aangeduid per kaart en werden er verschillende transformatiefuncties gebruikt voor oude en recente topografische kaarten (tabel 2). Voor alle rectificaties werd de *nearest-neighbour* methode gebruikt naar voorbeeld uit Vuorela *et al.* (2002). Het aantal GCPs verschilt ook sterk doordat sommige punten op de oude topografische kaarten onduidelijk waren, waardoor er op die kaarten GCPs werden aangeduid op andere plaatsen. De meest recente topografische kaarten werden bovendien gegeorefereerd met transformatiefuncties die weinig GCPs nodig hebben om een nauwkeurige fit te bekomen.

Tabel 2: Het aantal GCPs en de gebruikte transformatiefunctie per georeferereerd kaartblad

Kaart	Kaartblad	GCPs	Transformatiefunctie
Ferraris	Lokeren	95	thin plate spline
	Sint-Niklaas	69	
Topo 1869-1870	Lokeren	30	thin plate spline
	Sint-Niklaas	29	
Topo 1909	Lokeren	27	thin plate spline
	Sint-Niklaas	47	
Topo 1968-1969	Lokeren	8	Lineair
	Sint-Niklaas	17	
Topo 1984	Lokeren	11	Lineair
	Sint-Niklaas	11	
Topo 1997-2000	Lokeren	10	Lineair
	Sint-Niklaas	10	
Topo 2016	Lokeren	10	Lineair
	Sint-Niklaas	10	

3.2.1.4 Landgebruikkaarten opstellen

De volgende stap was om voor de geselecteerde kaarten zeven landgebruikkaarten te maken. Op deze manier kan het landgebruik in het studiegebied kwantitatief voorgesteld worden in zeven verschillende perioden doorheen de tijd. Vervolgens kon het landgebruik onderling vergeleken worden tussen de zeven perioden. Het landgebruik in de afgebakende alluviale vallei op de geselecteerde kaarten werd gedigitaliseerd in QGIS. De landschapsinformatie die op een kaart wordt voorgesteld, kan echter sterk afwijken tussen kaarten van verschillende ouderdom. Het is dus belangrijk dat de legendecategorieën en –klassen op de verschillende databronnen onderling consistent zijn (Vuorela *et al.*, 2002). Een bepaalde legendecategorie kan namelijk een verschillende betekenis krijgen of anders voorgesteld worden doorheen de tijd. Op moderne topografische kaarten, die opgesteld worden met luchtfotografie, ligt de focus meer op de fysieke patronen en textuur en minder op het landgebruik zelf. In een analyse van landschapsinformatie doorheen de tijd is een uniforme legende met thematische consistentie dus cruciaal (Vuorela *et al.*, 2002). Ook voor deze analyse moest dus eerst een uniforme legende opgesteld worden die bruikbaar is voor alle zeven landgebruikkaarten. De thematische betekenis en voorstelling van de legendecategorieën is vrij gelijkaardig tussen de zes topografische kaarten van het NGI onderling en zelfs in vergelijking met de Ferrariskaart, maar het aantal legendecategorieën verschilt sterk. Op de recentere topografische kaarten kwamen er steeds nieuwe categorieën bij. Sommige van deze nieuwe categorieën zijn relevant voor het studiegebied en werden daarom ook als nieuwe categorie toegevoegd

op de landgebruikkaarten. De andere nieuwe categorieën waren echter een meer specifieke onderverdeling van één categorie op oudere kaarten. Daarom werden deze bij een overkoepelende categorie gerekend. Een volledig overzicht van alle legendecategorieën is terug te vinden in tabel 3.

De categorie 'Grasland' omvat alle weilanden, hooilanden en vochtige graslanden. De categorie 'Akkerland' omvat akkers en volkstuinten vanwege hun fysieke gelijkenissen met akkerpercelen. De categorie 'Bebouwing' omvat alle gebouwen (aaneengesloten en solitair), tuinen, begraafplaatsen en grote verharde oppervlakken zoals parkings en brede wegen. Kleinere wegen, straten en paden zijn niet gekarteerd omdat dit te tijdsintensief zou zijn, gezien de totale oppervlakte van 12,28 km² studiegebied waarin deze kaartanalyse wordt gedaan. Voor de legendecategorie 'Bos' werden alle soorten bospercelen opgenomen, zoals loofbomen, naaldbomen en struikgewas. Vanaf de topografische kaart van 1968(69) zijn populierenakkers als aparte categorie gekarteerd. Dat is omdat deze populierenakkers op veel plaatsen voorkomen in het studiegebied en hun karakteristieke uitzicht dus mee het uitzicht van de Durmevallei bepaalt. Populierenakkers werden vanaf eind jaren '60 aangeplant op gronden met natte bodems in de vallei die ongeschikt waren voor de akkerbouw. Daarnaast dienden ze ook als schuilplaatsen voor wild en werden ze soms aangeplant voor de lokale jacht (Verstraeten, 2017). Daarom wordt deze aparte categorie relevant beschouwd om de driving forces te achterhalen. Ook de categorie 'Slikken en schorren' komt pas voor vanaf de topografische kaart van 1968(69). Hoewel deze landvorm al voordien voorkwam langsheen de rivier zijn ze pas vanaf dat moment afzonderlijk gekarteerd. Ook deze landvorm heeft grote invloed op het uitzicht van de Durmevallei omdat ze gerelateerd zijn aan de verzandingsproblematiek. Daarom worden ze als nieuwe categorie toegevoegd vanaf de landgebruikskaart van 1968(69). De oppervlakte van de Beneden-Durme wordt toegevoegd onder de categorie 'Durme', maar heeft een licht gewijzigde invulling tussen de kaarten onderling. Omdat de klasse slikken en schorren afwezig is op de oude kaarten wordt daar de Durme gekarteerd als alle buitendijkse gebieden, tenzij zandbanken en andere verlandende delen duidelijk gekarteerd zijn. De categorie 'Oppervlaktewater' omvat alle beken, grachten, vijvers en afgesneden meanders die groot genoeg waren om duidelijk gekarteerd te worden en die niet in verbinding staan met de Beneden-Durme. Tenslotte komt de categorie 'Overstromingsgebied' enkel voor vanaf de landgebruikskaart 2020 omdat er vanaf 2014 grote delen van de vallei ingericht zijn als overstromingsgebied. Deze categorie wordt niet vermeld op de topografische kaart van het NGI uit 2016, maar omdat de karakteristieken van deze landschapsinrichting van de Durmevallei relevant zijn voor deze studie, zijn ze hier wel gekarteerd in een aparte categorie.

Tabel 3: De aanwezigheid van de uniforme legendecategorieën op de landgebruikkaarten (x = aanwezig). De jaartallen tussen haakjes stellen het meest recente kaartblad voor.

Legendecategorie	Aanwezigheid op landgebruikkaart						
	1775	1869(70)	1909	1968(69)	1984	1997(2000)	2016(2020)
Grasland	x	x	x	x	x	x	x
Akkerland	x	x	x	x	x	x	x
Bebouwing	x	x	x	x	x	x	x
Bos (Bos behalve populieren vanaf 1968)	x	x	x	x	x	x	x
Bos (populierenakker)				x	x	x	x
Slikken en schorren				x	x	x	x
Durme	x	x	x	x	x	x	x
Oppervlaktewater	x	x	x	x	x	x	x
Overstromingsgebied							x

3.2.1.5 Landscape change index

Eenmaal de kwantitatieve veranderingen van het onderzochte landschap gekend zijn, is het belangrijk om te achterhalen in welke perioden en delen van het studiegebied de veranderingen het meest ingrijpend waren of zijn. Voor deze analyse is een indicator nodig die de mate van verandering met één duidelijke waarde kan uitdrukken. Hersperger & Bürgi (2009) gebruiken hiervoor een index die werkt met het aantal veranderingen in landschapselementen zoals bijvoorbeeld hagen, bomenrijen en poelen. Krajewski *et al.* (2017) stellen het gebruik van de *landscape change index* (LCI) voor als een *single easy-to-use index*. De LCI werd gedefinieerd door Woodward *et al.* (2001) als index om veranderingen in landgebruik en vegetatie te kunnen koppelen aan populatietrends van de Kleine Prairiehoen in het Midwesten van de Verenigde Staten. Sindsdien wordt de LCI hoofdzakelijk gebruikt in de landschapsecologie om veranderingen in landgebruik te analyseren. Damian (2008) gebruikt deze index bijvoorbeeld om de landschapsveranderingen in Polen sinds de val van het communisme te analyseren. Om de meest dynamische periode van landschapsveranderingen in de vallei van de Beneden-Durme te analyseren, werd hier de methode van Krajewski *et al.* (2018) gevolgd die gebruik maakt van de LCI. Deze index wordt gebruikt om de verschillen tussen aangrenzende tijdsdoorsneden te analyseren, wat inzicht geeft in de grootte van veranderingen en in welke richting ze evolueren (Van Eetvelde & Käyhkö, 2009).

Eerst werd de LCI voor elk tijdsinterval berekend over het hele studiegebied en meer bepaald de alluviale vallei. Om de LCI te kunnen berekenen moet eerst de parameter CA_i gespecificeerd worden. Deze wordt als volgt berekend:

$$CA_i = 100 \times (A_{t+1} - A_t) / TA \quad (1)$$

In formule (1) stelt CA_i de verandering in het procentuele aandeel oppervlakte voor van elke landgebruikscategorie in verhouding met de totale oppervlakte van het studiegebied. A_t is de oppervlakte van een landgebruikscategorie tijdens het tijdsinterval t in km^2 . A_{t+1} stelt ook de oppervlakte van een landgebruikscategorie voor in km^2 , maar dan tijdens het tijdsinterval $t + 1$. TA stelt de totale oppervlakte voor van het studiegebied in km^2 .

De volgende stap was om de LCI te bepalen voor elk tijdsinterval. Krajewski *et al.* (2017) definiëren de LCI als de absolute waarden van verandering in de landgebruikscategorieën die de grootste impact hebben op een landschap, als men ervan uitgaat dat zowel afnames als toenames van deze waarden landschapsveranderingen veroorzaken. De LCI wordt als volgt berekend:

$$LCI_t = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^n |CA_i| \quad (2)$$

De index wordt berekend door de som te nemen van de absolute waarde van CA_i voor elke landgebruikscategorie. Omdat deze som de index in feite verdubbelt, wordt het geheel vermenigvuldigd met een factor van 0,5 om de werkelijke waarde van landschapsverandering weer te geven. In formule (2) stelt LCI_t de landscape change index voor in elk tijdsinterval en heeft CA_i dezelfde betekenis als in formule (1). Hoe hoger de waarde van de LCI is voor een bepaald tijdsinterval, hoe ingrijpender de landschapsverandering was in dat tijdsinterval (Krajewski *et al.*, 2017).

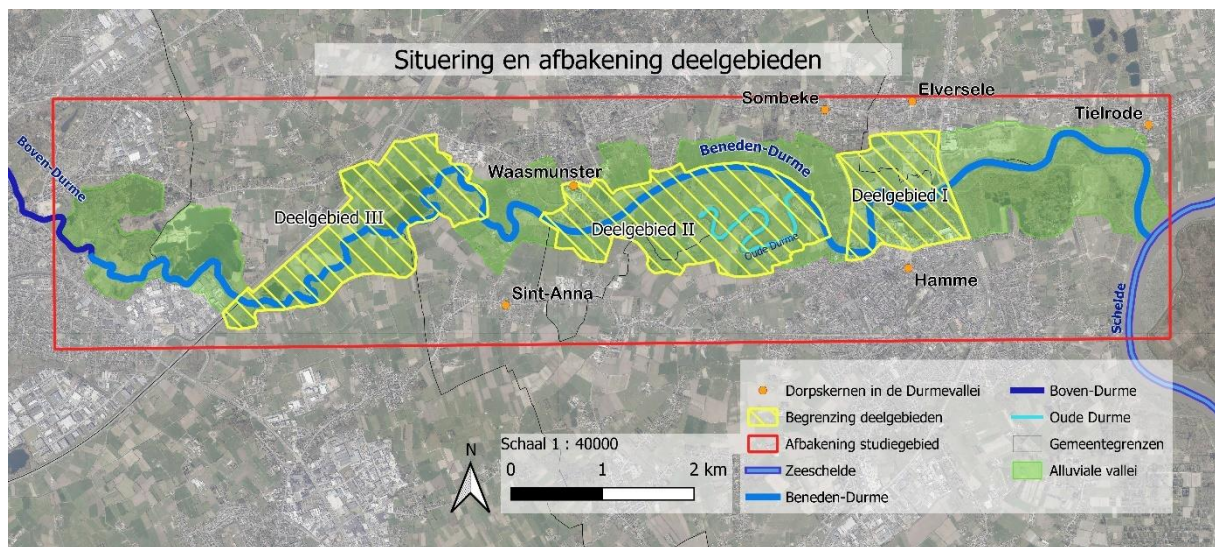
De berekening van de LCI voor het hele studiegebied geeft dus aan welke tijdsintervallen het meest relevant zijn om de oorzaken van landschapsverandering te achterhalen. Dit vormt ook een indicatie om te achterhalen in welke perioden de driving forces het meeste invloed hadden op de evolutie van het landschap. De meest dynamische perioden van verandering in het studiegebied bepalen is echter niet voldoende, er moet ook onderzocht worden in welke delen van de Beneden-Durmevallei de landschapsveranderingen het meest ingrijpend waren en in welke perioden. Daarom werden er in de alluviale vallei drie deelgebieden afgebakend waarin de analyse met de LCI opnieuw uitgevoerd werd. De drie deelgebieden werden uitgekozen op basis van specifieke fysieke karakteristieken die elk deelgebied onderscheiden van de andere twee (figuur 5):

1. Deelgebied I: dit deelgebied is gesitueerd tussen de dorpskernen van Hamme en Elversele/Sombeke. Het is ook het dichtste gelegen bij de monding van de Beneden-Durme in de Schelde, waar de rivier het breedste is en ook het grootste getijverschil kent. Van Tielrode tot Hamme bedraagt het verschil tussen hoogtij en laagtij 5 à 6 meter (Verstraeten, 2017). Daarnaast is dit deelgebied specifiek op deze plek gekozen omdat er meerdere historische loskaden voor schepen aanwezig zijn. Dit deel van de alluviale vallei is ook het meeste bebouwd

en er wordt momenteel een overstromingsgebied aangelegd in kader van het Sigmoplan. Door de aanwezigheid van verschillende functionele landschapselementen is dit een potentieel relevante plek om de menselijke en natuurlijke interactie te onderzoeken. Het gebied werd in het noorden en zuiden afgebakend door de grens van de alluviale vallei, in het westen door een voormalige spoorwegbedding en in het oosten door de gewestweg N41.

2. Deelgebied II: ongeveer halverwege de vallei van de Beneden-Durme bevindt zich een afgesneden meanderend traject van de Durme dat de Oude Durme genoemd wordt. In de jaren '30 van de 20^{ste} eeuw zijn er tussen Hamme en Waasmunster grootschalige rechte trekkingen gebeurd van de rivierbedding met de bedoeling om de scheepvaart tot in Lokeren te bevorderen en de verzanding van de bedding tegen te gaan (Taverniers, 1979). Bovendien is dit gebied geïnventariseerd door onroerend erfgoed Vlaanderen als 'landschappelijk geheel' vanwege het bewaarde historisch open karakter van het landschap (<https://inventaris.onroenderfgoed.be>, 30 maart 2020). Het Sigmoplan voorziet in een deel van dit gebied ook de inrichting van een wetland dat overtollig water kan bufferen zoals historische meersen dat deden (<https://www.sigmoplan.be>, 15 mei 2020). Deze eigenschappen maken van dit deelgebied ook een relevante plek om de lokale driving forces te achterhalen. De afbakening is hier in het zuiden gebeurd door de grens van de alluviale vallei te volgen en in andere delen werden de huidige en voormalige bedding van de Durme gevolgd.
3. Deelgebied III: in dit meest westelijke deelgebied kent de rivierbedding de meest drastische verzanding. Daardoor is de rivier er momenteel bij laagtij slechts een paar meter breed en is een groot deel van de oorspronkelijk rivierbedding tussen de dijken verland (Werbrouck, 2006). Daarnaast is er een historische kasteel- en hoevesite aanwezig, maar ook een voormalige kreek met verdwenen loskade en grote zandontginningsputten. De grens van het deelgebied is in het zuiden en noorden afgebakend op de grens van de alluviale vallei en in het westelijke deel vormt de talud van de E17 een lange rechtlijnige afbakening.

De locatiekeuze van deze drie deelgebieden is ook gebaseerd op de tijdsdieptekaart en 'kaart van het aantal veranderingen sinds Ferraris' in de alluviale vallei die opgesteld werden door Werbrouck (2006) (Appendix 1.2 & 1.3). Deze afbakening van de alluviale vallei kent weliswaar enkele verschillen met degene in Werbrouck (2006), maar beide studiegebieden komen grotendeels overeen. De gebieden met het grootste aantal veranderingen volgens beide kaarten zijn gecombineerd opgenomen in de drie deelgebieden, tenzij ze te gespreid waren in de ruimte.



Figuur 5: Situering en afbakening van de deelgebieden in de kaartenanalyse (achtergrond: Informatie Vlaanderen).

3.2.2 Herfotografie

3.2.2.1 Uitwerking

Een andere methode om landschappelijke veranderingen te achterhalen is het herfotograferen van historische terreinfoto's. Net zoals bij kaarten kan er een beeld geschetst worden van verandering in een landschap tussen twee momentopnames. Er zijn wel enkele belangrijke verschillen met kaarten die van landschapsfoto's een tweede relevante bron maken. Een foto is de exacte weergave van het uitzicht van een landschap en geen symbolische weergave zoals een kaart die onderhevig is aan interpretatie en generalisatie. Daarnaast bieden terreinfoto's een horizontaal perspectief op het landschap, in tegenstelling tot kaarten en luchtfoto's die een verticaal en/of obliek perspectief bieden (Werbrouck, 2006, Antrop, 2007). Terreinfoto's bieden dus geen volledige dekking van een landschap, maar zijn wel geschikt om details zoals specifieke gebouwen, kleine structuren en kleine landschapselementen te observeren. Bovendien geven ze een vertrouwd perspectief op het landschap en kunnen ze zo het beste beeld van een landschap uit het verleden geven in onze perceptie (Werbrouck, 2006). Om de snelle en onverwachte evoluties in landschap te begrijpen, is er nood aan een performant observatiemiddel dat deze veranderingen kan analyseren (Uytenhove, 2006). Historische foto's opnieuw nemen vormt als het ware een chronofotografie van een traag bewegend object dat een trage beweging maakt. Juist deze trage beweging tussen de opname-intervallen maakt de veranderingsprocessen van een landschap zichtbaar (Uytenhove, 2006). Deze tweede methode wordt dus mee opgenomen in dit onderzoek om een andere invalshoek te creëren in het achterhalen van de recente evolutie van de Beneden-Durmevallei.

De eerste stap was om oude foto's te verzamelen die genomen zijn in de vallei van de Beneden-Durme. In eerste instantie werd er gekeken naar bestaande literatuur over de Beneden-Durme. Verstraeten

(2017) vormt een belangrijk referentiewerk omdat het boek de geschiedenis van verschillende sites en delen in het studiegebied in detail beschrijft. Hieruit werd al duidelijk dat de meeste oude foto's in het studiegebied in clusters voorkwamen rond belangrijke aantrekkingspunten in het landschap. Dat zijn plekken zoals bruggen, kaaien en plekken waar de dorpskernen tot aan de rivier raken. Volgens Verstraeten (2017) hoeft dit ook niet te verwonderen omdat dit de meest toegankelijke en meest bezochte plekken in het landschap zijn. Werbrouck (2006) heeft ook gewerkt op de iconografie van het landschap in de Durmevallei om landschapsevoluties te achterhalen. Enkele fotokoppels van deze iconografie dienden als voorbeeld om een nog recentere update te maken. Veel foto's uit de werken van Werbrouck (2006) en Verstraeten (2017) waren afkomstig van lokale heemkundige kringen en privécollecties. Na het contacteren van de Heemkundige kringen van Waasmunster en Hamme werden nog meer oude foto's verkregen. Daarnaast waren er ook veel oude foto's terug te vinden op blogs van lokale inwoners en lokale Facebookgroepen. Meer over de bronnen van de oude foto's is terug te vinden in tabel 4. Tenslotte vormde de veilingsite voor verzamelaars www.delcampe.net ook een belangrijke bron voor oude foto's. Enkel de geschikte oude foto's voor dit onderzoek werden geselecteerd, meer bepaald foto's waarop het landschap duidelijk zichtbaar was, foto's waarvan de staat goed genoeg was om landschapselementen te kunnen herkennen en ook foto's die genomen waren in het algemene studiegebied van dit onderzoek, de rechthoek op figuur 1. In totaal werden zo 116 unieke oude foto's verzameld.

De volgende stap was om de verzamelde foto's te lokaliseren. Het overgrote merendeel van de 116 oude foto's zijn ansichtkaarten. Deze briefkaarten kenden een grote populariteitsopmars aan het einde van de 19^e eeuw, begin 20^{ste} eeuw. Vanwege hun toeristische functie om lokale bezienswaardigheden te tonen, bieden ze een cultuurbepaalde blik op het landschap waarbij storende elementen vaak weggelaten worden en een zo pittoresk mogelijk beeld geschetst wordt van een plek (Békési & Winiwarter, 1997). Omdat ansichtkaarten al snel populair werden onder verzamelaars, zijn er nog steeds veel van zulke kaarten in omloop (Verstraeten, 2017). Bijna alle ansichtkaarten vermelden de locatie van de foto. Meestal gaat het dan om de naam van het dorp waar de foto genomen is. Om de precieze opnamelocatie te vinden, werd er gezocht naar herkenbare elementen in het landschap zoals bruggen, kerktorens, herkenbare gebouwen, aanlegkades, ... In combinatie met de zeven geselecteerde kaarten, werden er 95 oude foto's gelokaliseerd. Deze werden vervolgens onderverdeeld in drie grote clustergebieden: Tielrode, Hamme en Waasmunster. De laatste twee clustergebieden komen sterk overeen met deelgebied I en II op figuur 5. In deelgebied III werden amper geschikte oude foto's teruggevonden. Daarom werd de herfotografie niet toegepast in deelgebied III. De belangrijkste menselijke elementen uit de drie clustergebieden die terug te vinden zijn op de oude foto's werden uitgelicht. Deze uitlichting wordt daarna gebruikt in de systeemsynthese. In het studiegebied zijn ook drie locaties aanwezig van het herfotografieproject 'Recollecting Landscapes'. Dit project voert aan de hand van het herfotograferen van een historische fotoreeks, een studie uit naar de landschapsontwikkeling in Vlaanderen. Hun fotoreeks begint met de foto's van botanicus Jean Massart uit 1904 en werd vervolgd door fotografen Georges Charlier in 1980, Jan Kempenaers in 2003 en Michiel

de Cleene in 2014 (www.recollectinglandscapes.be, 3 mei 2021). De locaties van hun fotoreeksen zijn exact bepaald en vormen de ideale bron om een vijfde recente foto toe te voegen. Twee van hun locaties liggen in de fotocuster Hamme en één locatie is gelegen in de cluster Tielrode. De datering van de meeste foto's is niet exact te bepalen, tenzij de bron van de foto ze expliciet vermeldde. Daarom werden de zonder duidelijke datering onderverdeeld in ruime categorieën: einde 19^e eeuw-1918, 1918-1945, 1945-1968, 1968-2000 en 2000-2021.

De finale stap was om de oude foto's opnieuw te fotograferen in het huidige landschap. Van de 95 gelokaliseerde foto's werden er 27 geselecteerd omdat ze het meeste geschikt waren voor de herfotografie. Daarbij werd er geselecteerd op herkenbaarheid van landschapselementen, de vindbaarheid van de exacte opnamelocatie, unieke standpunten en temporele resolutie. Van sommige plekken waren er namelijk meerdere oude foto's uit dezelfde periode. De exacte opnamelocatie werd bepaald op het terrein door landschapselementen zoals gebouwen op de oude foto's te zoeken in het huidige landschap. Zo kon de beeldhoek bij benadering bepaald worden. Ook de elementen die zichtbaar waren op de randen van de oude foto's gaven een indicatie van de compositie. Quasi alle oude foto's hadden geen vermelding van opnametijdstip, focusafstand, compositie en standpunthoogte. Dat maakte een exact reproductie van het beeld op de oude foto's moeilijk. Daarom werden er meerdere foto's genomen met verschillende focusafstanden en composities en werd daarvan de best passende foto gekozen. Ook de bereikbaarheid van de standplaats vormde soms een uitdaging door de ligging op privéterrein, sterk opgeschoten vegetatie of aangepaste hoogte van het grondniveau. De foto's werden opgenomen met een Nikon D500 digitale spiegelreflexcamera en een Tamron 18-270mm F/3.5-6.3 DI II VC zoomlens. Sommige oude foto's zijn niet geselecteerd voor herfotografie, maar bieden wel een relevant beeld op de historische riviervallei. Daarom zijn deze foto's wel gebruikt voor het gedetailleerd beschrijven van menselijke elementen in de deelgebieden.

3.2.2.2 Bronnen historische foto's

Voor de meeste historische foto's is het moeilijk om een originele bron terug te vinden. Veel oude foto's worden tegenwoordig eenvoudig gedeeld op het internet waardoor de oorspronkelijke eigenaar of fotograaf onbekend is. Afhankelijk van de fotobron is er meer informatie en context beschikbaar over de opgenomen foto en de fotolocatie. De foto's van de Heemkringen uit Waasmunster en Tielrode, privécollecties en de Erfgoedbank Waasland gaven de meeste historische informatie mee. Tabel 4 geeft een overzicht van de fotobronnen en hoeveel van de 95 geselecteerde foto's ervan afkomstig zijn.

Tabel 4: Belangrijkste fotobronnen en aantal geselecteerde foto's per bron.

Fotobron	Aantal
Heemkring 't Sireentje Waasmunster	21
Verzamelaarssite www.delcampe.net	17
Facebookgroep 'Oude foto's van Lokeren en omstreken'	5
Facebookgroep 'Ge zijt van Waasmunster'	8
Facebookgroep 'Je bent van hamme als je'	15
Facebookpagina 'Heemkunde Tielrode'	6
Erfgoedbank Waasland	12
Privécollecties	10

3.3 Driving forces & systeemsynthese

De reeds bestaande literatuur over de Durmevallei vormt een vrij uitgebreide chronologie en beschrijving over de recente landschapsveranderingen. In Verstraeten (2017) en Werbrouck (2006) wordt de recente geschiedenis van bepaalde plekken in het studiegebied vrij gedetailleerd beschreven. Ook thematische rapporten over de knelpunten van de Beneden-Durme geven inzicht in politiek beleid en economische doelstellingen. Uyttenhove *et al.* (2006) stelden een tijdsbalk op van de belangrijkste bestuurlijke feiten, wetten en gebeurtenissen die invloed hadden op het landschap sinds de onafhankelijkheid van België. Deze tijdsbalk vormde een belangrijke bron voor de driving forces op nationale en regionale schaal. Daarnaast is er de internationale literatuur over landschapsveranderingen die inzicht geeft in driving forces op internationale, regionale en lokale schaal. Deze literatuur vormde de basis om informatie te bieden over potentieel belangrijke driving forces in het studiegebied. De vijf grote groepen van driving forces: sociaaleconomisch, politiek, technologisch, cultureel & natuurlijk/ruimtelijk (Brandt *et al.*, 1999; Bürgi *et al.*, 2004; Hersperger & Bürgi, 2009) kunnen op lokale schaal een grote variëteit aan processen in het landschap veroorzaken (Appendix 1.4) (Antrop & Van Eetvelde, 2008). Daarom worden de potentieel belangrijke driving forces van internationale tot en met lokale schaal onderzocht, die invloed uitoefenen op de lokale schaal in het studiegebied. De driving forces werden per grote groep onderverdeeld en vervolgens op schaalniveau: internationaal, nationaal, regionaal en lokaal. Hierbij slaat het nationale niveau zowel op het Federale België als het Vlaamse Gewest omdat de onderzochte tijdperiode begint voor de federalisering van België. Het regionale niveau slaat op de provincies en streken (zoals bijvoorbeeld het Waasland). Het lokale niveau omvat het studiegebied en de directe omgeving (gemeenten).

Vervolgens werden de menselijke ingrepen op de hydrografie van de Beneden-Durme specifiek onderzocht in de drie gedefinieerde deelgebieden binnen het studiegebied. De literatuur over het studiegebied en de herfotografie vormden hiervoor de voornaamste bronnen. Tenslotte werden deze

ingrepen in het studiegebied gekoppeld aan de kwantitatieve landschapsveranderingen doorheen de tijd om potentiële feedbackloops te achterhalen. Dit werd gedaan voor het hele studiegebied en de drie gedefinieerde deelgebieden. Hiervoor werden tijdslijnen opgesteld naar voorbeeld in de voorgestelde methoden uit Bürgi & Russel (2001) en Bürgi *et al.* (2004) (Appendix 1.5). Als synthese werd de historische dimensie van het landschap tenslotte weergegeven volgens de doelstellingen van *Historic Landscape Characterisation* (Fairclough *et al.*, 2002). Concreet werden er 3-dimensionale syntheseschetsen gemaakt die de synthese van de opbouw van het landschap weergeven volgens een schematische voorstelling. De bedoeling hiervan is om vanuit een denkbeeldig vogelperspectief de hoofdstructuren van het landschap weer te geven. Het model toont een schematische voorstelling van het reliëf, landgebruik, toponiemen en landschappelijke hoofdstructuren. Dit is niet zozeer een realistische weergave, maar een mentale synthese. Er werd een 3-dimensionale syntheseschets gemaakt van de twee meest dynamische tijdsintervallen uit de kaartanalyse en de beginreferentie uit 1775.

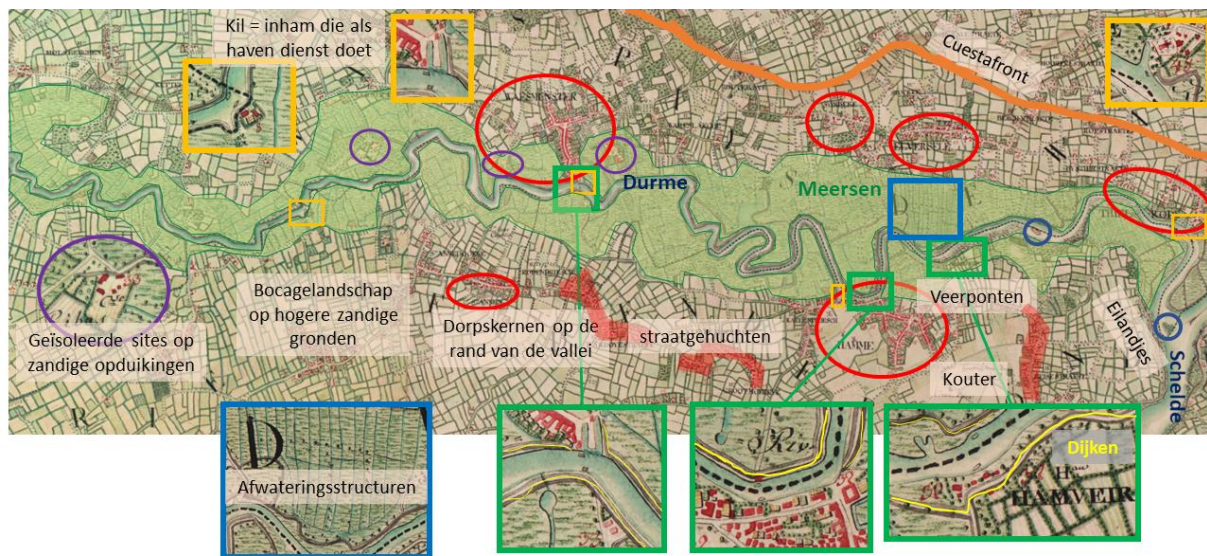
4. RESULTATEN

4.1 Systeemanalyse

4.1.1 Kaartanalyse

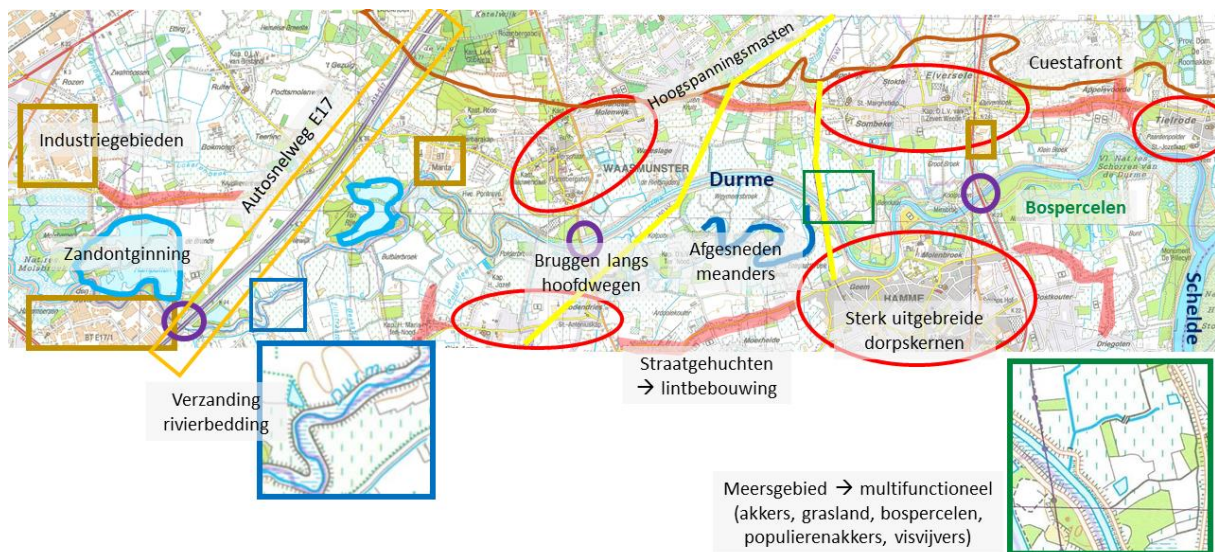
4.1.1.1 Annotatieve kaarten

De grote west-oost structuur van meersgebieden in de Durmevallei is het eerste wat opvalt op de Ferrariskaart (figuur 6). Dit gebied loopt langsheen weerszijden van de Durme in de alluviale vallei. Hierin bevinden zich laaggelegen vochtige graslanden die meersen genoemd worden. De legende van de Ferrariskaart vermeldt ze als 'moerassige weiden'. In het meersgebied bevinden zich talrijke afwateringsstructuren zoals grachten en beken naar de rivier toe. Buiten de alluviale vallei, op hogergelegen zandige bodems, bevindt zich een bocagelandschap van kleine akkerpercelen met bomenrijen en hagen op de perceelsgrenzen. De alluviale vlakte is te vochtig om aan akkerbouw te doen (Verstraeten, 2017). Rondom de dorpskern van Hamme ligt een open kouterlandschap. Langsheen de Durmevallei bevinden zich dorpskernen die buiten de alluviale vallei op de hogergelegen zandige bodems zijn gelegen. Tussen de dorpskernen bevinden zich enkele straatgehuchten. In het meersgebied is er quasi geen bebouwing, op enkele geïsoleerde sites na. Dit zijn hoofdzakelijk grote hoeves die zich op zandige opduikingen bevinden zoals donken of rivierduinen. Dit is om beschermd te zijn tegen overstromingen, hoofdzakelijk in de winter, wanneer de meersen onder water staan en zo bedekt worden met vruchtbaar rivierslib (Taverniers, 1979). In de buurt van de dorpskernen die aan de rivier zelf gelegen zijn, zijn er veerponten terug te vinden. Er zijn geen bruggen over de Durme. Op meerdere plaatsen zijn er ook inhammen in de rivier die 'killen' genoemd worden. Dit zijn krekens die als loskade voor vrachtboten gebruikt worden (Verstraeten, 2017). Dit wijst op het economische belang van goederentransport over de Durme. In het noorden van de vallei bevindt zich het cuestafront van het Waasland en de voet van de cuesta valt samen met de noordelijke grens van het meersgebied. Doorheen de hele vallei zijn er amper bospercelen te bespeuren. Het meersgebied is duidelijk een open landschap en het omliggende akkerland is eerder een coulisselandschap met opeenvolgende schermen van bomenrijen en hagen. Opvallend is dat er ook twee kleine eilanden liggen in de Durme ter hoogte van de monding in de Schelde en iets meer stroomopwaarts tussen Tielrode en Hamme.



Figuur 6: Historische interpretatie van de Ferrariskaart a.d.h.v. annotaties op verschillende schaalniveaus (achtergrond: Koninklijke Bibliotheek van België).

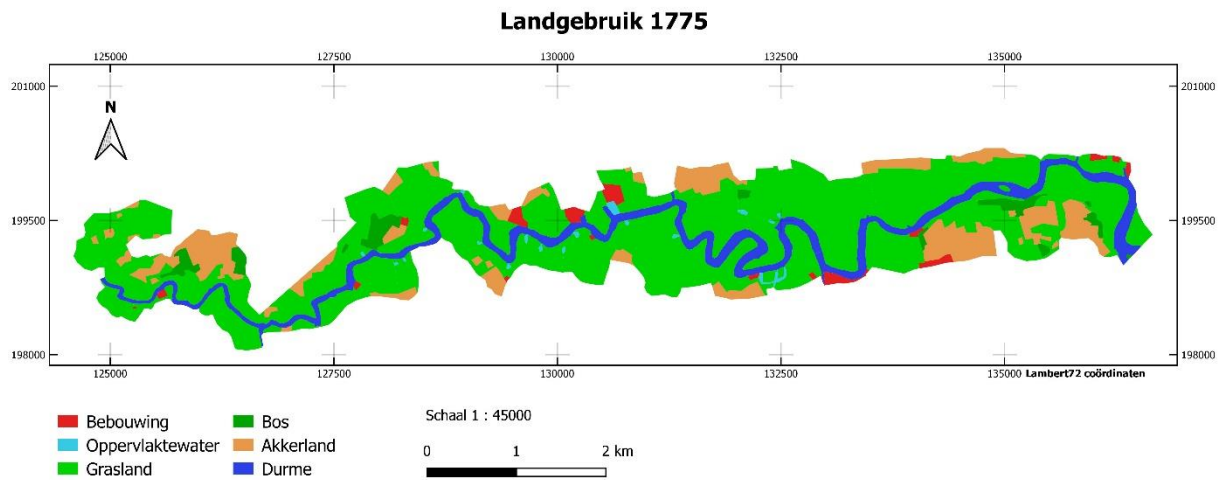
Op de meest recente topografische kaart van het studiegebied uit 2016 is het landschap ingrijpend gewijzigd (figuur 7). De versnippering van de homogene landschapszones op de Ferrariskaart is het eerste wat opvalt. Het meersgebied in de alluviale vallei heeft plaatsgemaakt voor een multifunctioneel landgebruik van grasland, akkers, kleine bospercelen zoals populierenakkers, maar ook recreatieve visvijvers. De bospercelen zorgen ervoor dat het open meerslandschap een gesloten tot half open karakter heeft gekregen. De dorpskernen zijn sterk uitgebreid en de straatgehuchten die hier en daar tussen de dorpen gelegen waren, zijn nu uitgegroeid tot lintbebouwing die de dorpskernen onderling verbindt. Wat ook opvalt is dat er op deze kaart lijnvormige elementen de Durme doorkruisen, iets wat nog niet voorkwam op de Ferrariskaart. De belangrijkste lijnvormige elementen zijn bruggen die hoofdwegen verbinden. Het meest opvallende lijnvormige element is de E17 autosnelweg die in het cuestafront ingegraven is en in de Durmevallei over een hoge bedding loopt. Daarnaast zijn er ook twee bruggen voor de gewestwegen N41 en N446 die de vallei doorkruisen. Nabij Hamme ligt ook de Mirabrug die midden 19^{de} eeuw gebouwd is en de eerste brug over de Durme in het studiegebied was (Verstraeten, 2017). Nabij de autostrade zijn er grote vijvers terug te vinden waar aan zandwinning werd gedaan voor o.a. de aanleg van de E17. In de Hamputten nabij Lokeren in het uiterste westen van het studiegebied is er nog steeds een zandgroeve actief (Verstraeten, 2017). Ook twee hoogspanningslijnen doorkruisen de Durmevallei. Op sommige plekken zijn er ook industriegebieden bijgekomen. Tenslotte heeft de Durme ook enkele wijzigingen ondergaan. De opeenvolgende meanders centraal in de alluviale vallei zijn afgesneden en er is een nieuwe bedding gegraven rondom de oude rivierbedding. De eilanden zijn verdwenen en in het westelijke deel van vallei is de bedding van de Durme veel smaller geworden door verzanding. Hierdoor kronkelt de rivier in binnenin haar voormalige bedding (Verstraeten, 2017).



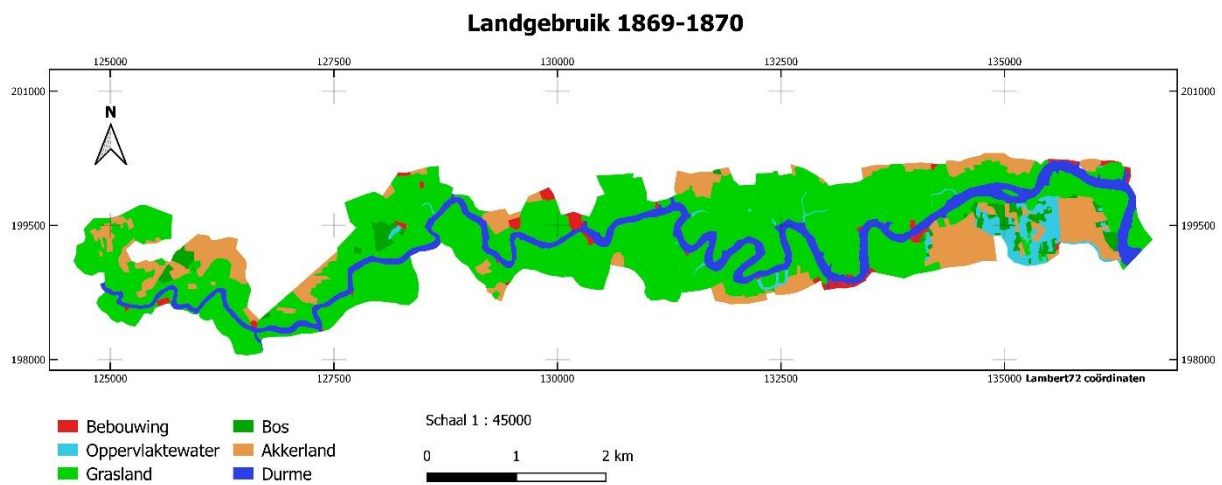
Figuur 7: Interpretatie van de topografische kaart uit 2016 a.d.h.v. annotaties op verschillende schaalniveaus (achtergrond: NGI).

4.1.1.2 Landgebruikkaarten

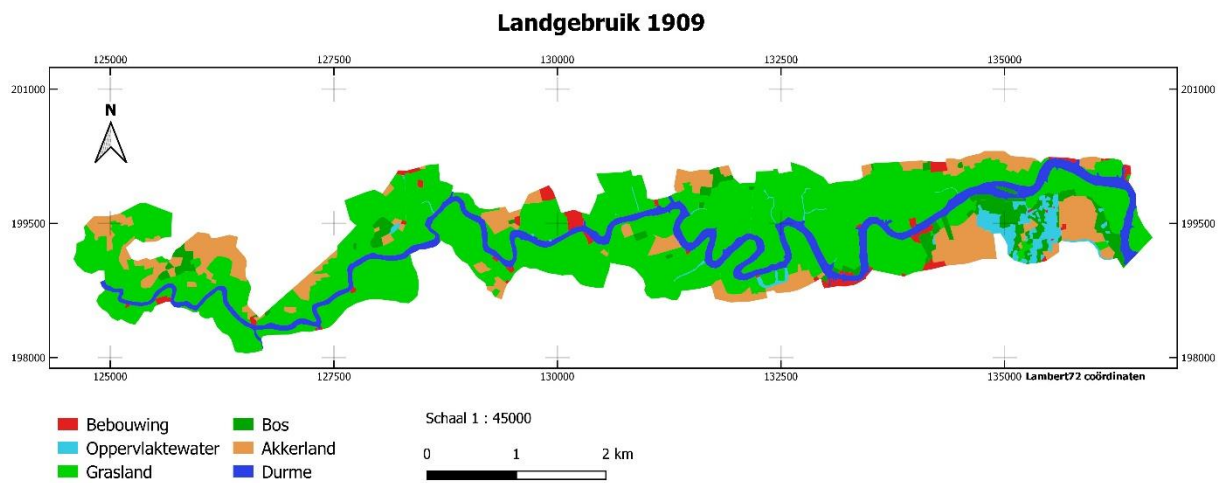
Er werden zeven landgebruikkaarten opgesteld voor het studiegebied binnen de alluviale vallei. Deze bieden een uniforme bedekking van het studiegebied, waardoor de verschillende perioden die ze voorstellen onderling vergeleken kunnen worden. Elke landgebruikkaart stelt een tijdsdoorsnede voor. De evolutie van de oppervlakte van de verschillende landgebruikscategorieën uit de uniforme legende is één van de belangrijkste indicators voor de dynamiek van een landschap (Krajewski, 2018). Figuur 8, 9, 10, 11, 12, 13 en 14 stellen het landgebruik voor in respectievelijk 1775, 1869(70), 1909, 1968(69), 1984, 1997(2000) en 2016(2020).



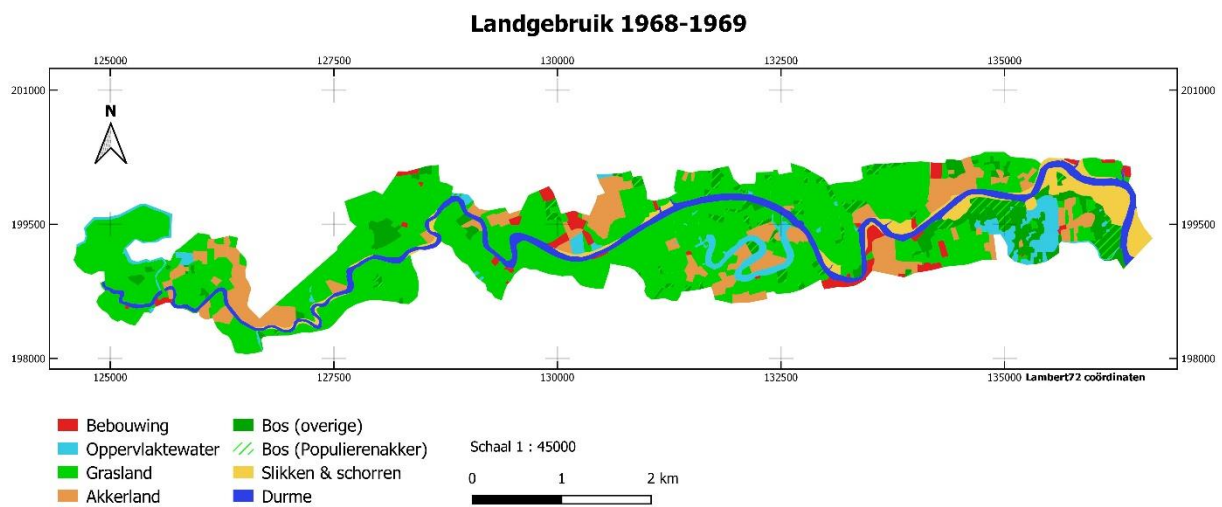
Figuur 8: Landgebruik alluviale vallei in 1775 (eigen verwerking op basis van Ferrariskaart, Koninklijke Bibliotheek van België).



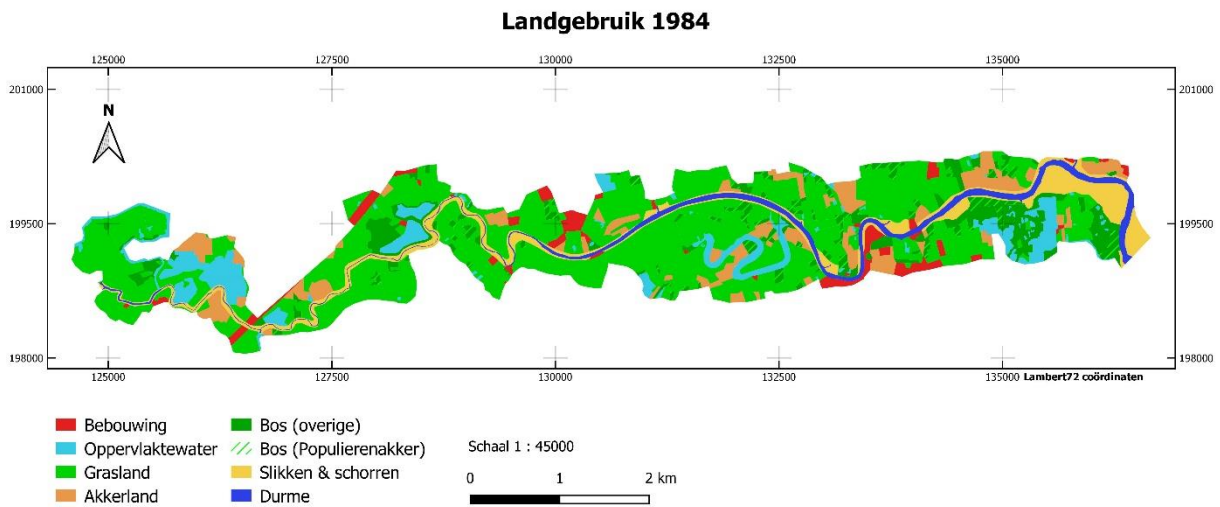
Figuur 9: Landgebruik alluviale vallei in 1869(70) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1869(70), Nationaal Geografisch Instituut (NGI)).



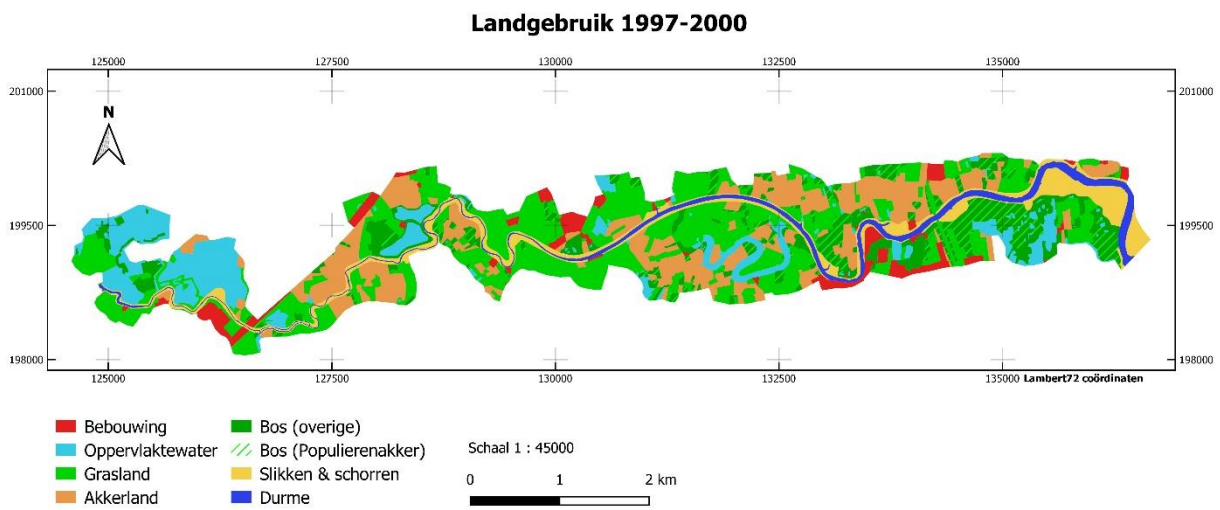
Figuur 10: Landgebruik alluviale vallei in 1909 (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1909, NGI).



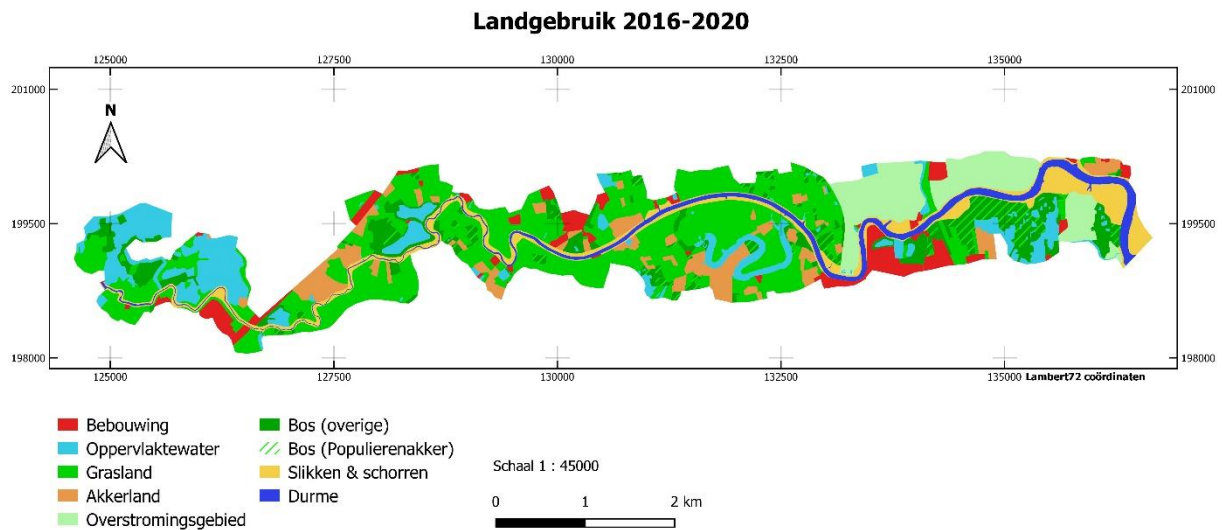
Figuur 11: Landgebruik alluviale vallei in 1968(69) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1968(69), NGI).



Figuur 12: Landgebruik alluviale vallei in 1984 (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1984, NGI).



Figuur 13: Landgebruik alluviale vallei in 1997(2000) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 1997(2000), NGI).



Figuur 14: Landgebruik alluviale vallei in 2016(2020) (eigen verwerking op basis van topografische kaart 2016 en de middenschalige orthofoto van Vlaanderen uit 2020, NGI & Informatie Vlaanderen).

Deze kaarten vormen de basis voor de analyse van de kwantitatieve veranderingen in het studiegebied sinds 1775 tot nu. De landgebruikkaarten laten een geleidelijke evolutie zien van een landschap met homogene zones in landgebruik eind 18^{de} eeuw tot een sterk versnipperd landgebruik eind 20^{ste}, begin 21^{ste} eeuw. Deze versnippering wordt ook duidelijk in figuur 15. Grasland blijft het dominante landgebruik in de alluviale vallei doorheen de tijd, maar kent wel een sterke afname in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw. De oppervlakte van de andere categorieën landgebruik nemen toe en daardoor werd de ruimte steeds multifunctioneler gebruikt. Dit komt ook deels door de toevoeging van nieuwe categorieën landgebruik in de kartering. In Appendix 2.1 staat het relatieve aandeel in procent van elke categorie per tijdsdoorsnede.

Op figuur 8 is duidelijk te zien dat het akkerland zich hoofdzakelijk beperkte tot de randen van de vallei. Vanaf 1969 werd er meer akkerland ingericht in de vallei zelf en ook steeds dichterbij de Durme. Op figuur 11 tot en met 14 is duidelijk dat grasland op sommige plaatsen voortdurend afwisselt met akkerland en omgekeerd doorheen de tijd. Uit figuur 16 blijkt dat het aandeel akkerland in het studiegebied vrij constant bleef, op een grote toename in 1997-2000 na. Deze toename gebeurde vrij gelijkmatige over de hele vallei. Op figuur 14 is te zien dat de oppervlakte van het akkerland terug afnam en voornamelijk opnieuw werd ingenomen door grasland. Dit is ook te zien in figuur 16.

De oppervlakte van de Durme blijft tussen 1775 en 1909 vrij constant, maar kent vanaf 1969 een sterke afname. Op figuur 10 en 11 is te zien dat er tussen 1909 en 1969 een afsnijding gebeurd is van de meanders centraal in de vallei. Delen van de oude bedding werden opgevuld en vormen grasland, akkerland of slikken & schorren. Vanaf 1984 neemt de oppervlakte van de Durme nog verder af. Dit is

goed zichtbaar in het westelijke deel van de vallei op figuur 12, 13 en 14 omdat de breedte van de rivier sterk afneemt naar het westen toe. Op figuur 8 zijn er twee eilanden zichtbaar in de Durme: één ter hoogte van de monding in de Schelde en één stroomopwaarts tussen Hamme en Tielrode. Vanaf 1909 is het eiland in de monding niet meer zichtbaar en tussen 1909 en 1969 werd het tweede eiland samen met rivierbedding errond, rechtgetrokken. Op figuur 8, 9 en 10 (1775-1909) komen er verschillende killen voor aan de dorpskernen. Aan de dorpskern van Hamme, centraal in de vallei, zijn er op figuur 9 en 10 meerdere killen kort naast elkaar zichtbaar op de plek waar de bebouwing de rivier raakt. Dit kan wijzen op belangrijke economische activiteit in dat gebied. Vanaf 1969 zijn de meesten echter verdwenen, op twee in Tielrode na. Van 1984 tot 2020 blijft de oppervlakte van de Durme vrij constant, maar wel twee keer kleiner dan in de periode 1775-1909 (figuur 15 en 16).

Samenhangend met de afname in de oppervlakte van de Durme, is er de toename van slikken en schorren (figuur 16). De versmalling van de Durmebedding in het westelijke deel van de vallei gaat namelijk samen met de toename van slikken en schorren op dezelfde plek door verzanding. Ter hoogte van de monding zijn grote delen grasland omgevormd tot slikken en schorren tussen 1909 en 1969. Dit gebied wordt 'De Schorren van de Durme' genoemd en is ontstaan na dijkdoorbraken in de jaren '50 (Verstraeten, 2017). De toename tussen figuur 10 en 11 heeft ook deels te maken met de toevoeging van de categorie slikken en schorren vanaf figuur 11.

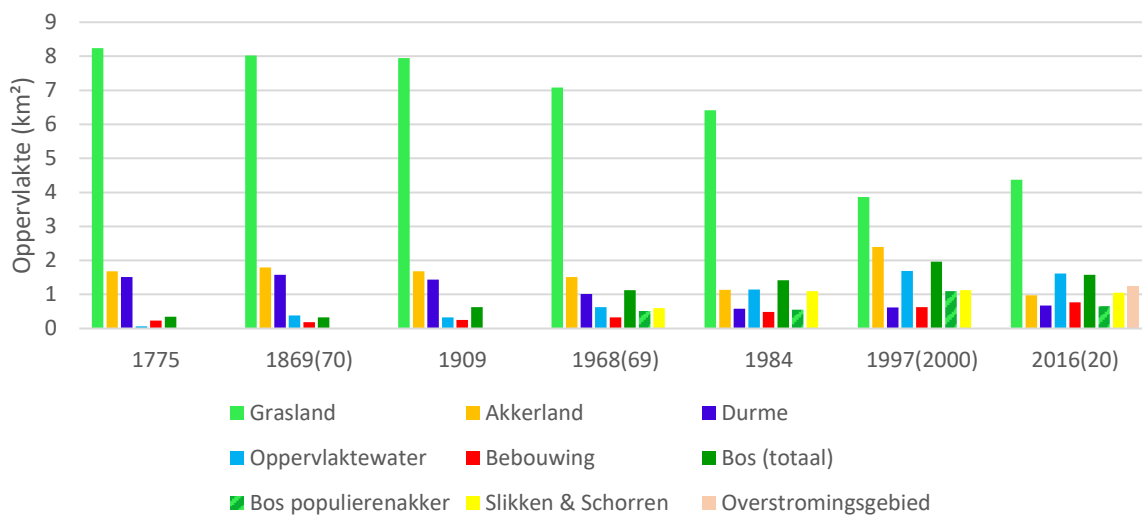
De categorie oppervlaktewater kent een bijna constante stijging over de onderzochte tijdsperiode. Op figuur 8 is het aandeel oppervlaktewater beperkt tot waterplassen naast de Durme. Op deze plekken waren sluizen gelegen waar het water uit de afwateringsstructuren in het meersgebied samenkwam. Centraal in het studiegebied zijn er drie parallelle vijvers te zien die onderling verbonden zijn. Dit waren de vijvers waarin een getijdenmolen bij hoogtij water in liet stromen en bij laagtij terug eruit om waterkracht te hebben (Verstraeten, 2017). Op figuur 9 is er een grote toename van oppervlaktewater in het oosten van de vallei. Dit gebied wordt 'De Bunt' genoemd en bestaat uit verschillende kleine turfputten die dicht op elkaar gelegen zijn. Op figuur 8 bestaat deze plek nog uit akkerland en grasland. Dit gebied werd dus tussen 1775 en 1909 ontgonnen. In 1969 is er opnieuw een grote toename van oppervlaktewater door het ontstaan van de afgesneden meanders. Dit gebied wordt de 'Oude Durme' genoemd. Op figuur 11 zijn de getijdenvijvers van de molen verdwenen omdat de molen haar werking verloor na de afsnijding van de meanders. In 1984 is er een tweede grote toename van oppervlaktewater door het ontstaan van grote vijvers na zandontginning in het westelijke deel van de vallei. In het uiterste westen van het studiegebied is er vanaf 2000 ook een grote toename van oppervlaktewater door de ontwikkeling van het natuurreservaat 'het Molsbroek'. Het Molsbroek werd in 1984 erkend als natuurreservaat en is Europees beschermd als onderdeel van Natura 2000-gebied 'Schelde en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent' (Verstraeten, 2017). Verspreid over het hele gebied zijn er vanaf 1984 kleine visvijvers zichtbaar. Vanaf 1984 is de categorie oppervlaktewater groter dan de categorie Durme (figuur 15). Op figuur 14 zijn er ook duidelijk afwateringsgrachten en bufferbekkens aangelegd rondom de overstromingsgebieden.

De categorie bos is op figuur 8, 9 en 10 beperkt tot kleine percelen verspreid in het studiegebied. Grotere bosoppervlakten zijn beperkt tot De Bunt en het voormalige kasteeldomein 'Hof ten Rijen' dat een geïsoleerde site vormt op een rivierduin ten westen van Waasmunster (Werbrouck, 2006; Verstraeten, 2017). Er is wel een grotere toename in verspreide bospercelen op figuur 10. Vanaf figuur 11 komt de categorie populierenakker voor als een aparte categorie binnen de bosoppervlakte in de vallei. Het aandeel populierenakkers vormt tussen 1969 en 2000 ongeveer de helft van de totale bosoppervlakte (figuur 16). De totale bosoppervlakte piekt in 2000, maar op figuur 16 wordt duidelijk dat deze toename hoofdzakelijk komt door een sterke toename in populierenakkers. De meeste bospercelen komen verspreid voor in het centrale en oostelijke deel van de vallei. Ter hoogte van Hamme, De Bunt en de monding van de Durme komen grotere aaneengesloten bosoppervlaktes voor op figuur 11 tot en met 14.

Een groot deel van de bos- en akkerlandoppervlakte tussen Hamme en Tielrode wordt op figuur 14 vervangen door overstromingsgebied. Dit gebied bestaat uit drie aparte overstromingsgebieden die deel uitmaken van het Sigma-plan. Het meest westelijke deel heet 'Het Groot Broek', het centrale deel is 'Het Klein Broek' en het oostelijke deel is 'De Bunt' dat niet de Durmevloed, maar de Scheldevloed moet bufferen (www.sigmaplan.be, 15 mei 2020).

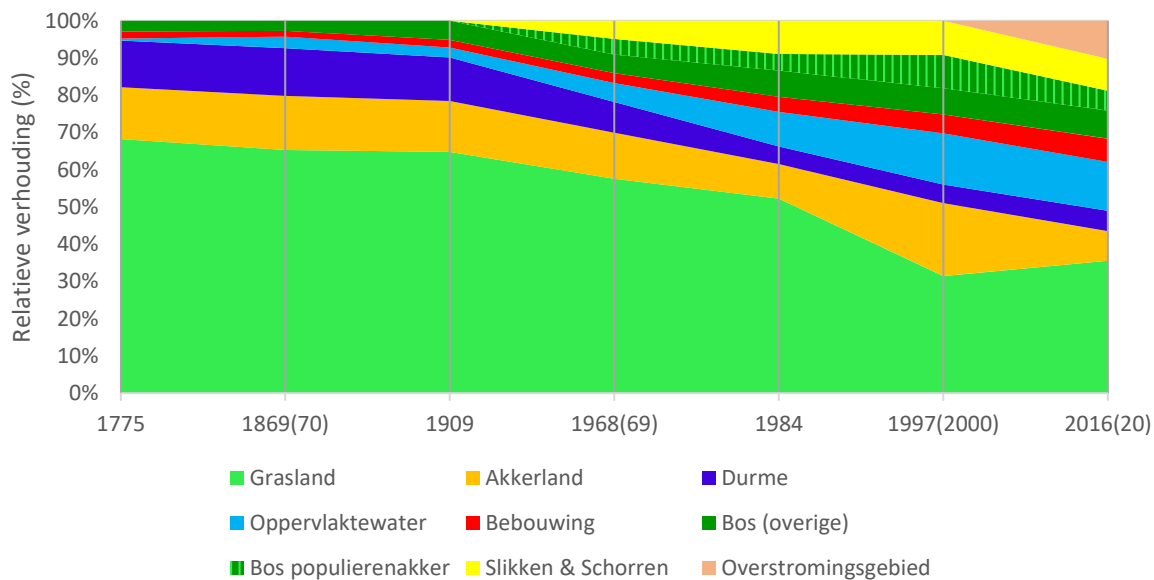
De oppervlakte van de bebouwing in de vallei kent tussen 1775 en 2020 een vrij constante toename (figuur 16). Omdat deze kaartanalyse enkel de alluviale vallei omvat, is het aandeel bebouwing vrij klein. De meeste bebouwing situeert zich in de dorpskernen aan de rand van de vallei. Op Figuur 8 is zichtbaar dat de dorpskernen van Waasmunster, Tielrode en Hamme tot aan de Durme raken. De overige bebouwing in de vallei bestaat uit geïsoleerde sites zoals de getijdenmolen centraal in de vallei, Hof ten Rijen ten westen van Waasmunster en de Roosenbergabdij net ten oosten van Waasmunster (Verstraeten, 2017). Vanaf figuur 11 tot en met kaart 14 groeit de bebouwing rondom de dorpskernen. Op figuur 12 is vanaf 1984 de autostrade E17 zichtbaar in het westen van de vallei en op figuur 13 zijn er industriegebieden gebouwd langs de E17 in Lokeren. Ook de dorpskern van Hamme groeit van figuur 11 tot en met 14 verder uit naar het noorden en het oosten. Voorheen lag ten noorden van de dorpskern van Hamme een meersgebied met de naam 'Meulenbroek' en vanaf 1969 werd dit steeds meer ontwikkeld tot een recreatief gebied (Werbrouck, 2006).

Absolute oppervlakte landgebruik per tijdsdoorsnede (1775-2020)



Figuur 15: De absolute oppervlakte per categorie landgebruik voor elke tijdsdoorsnede.

Relatieve oppervlakte van landgebruikscategorieën (1775-2020)



Figuur 16: De relatieve verhoudingen in oppervlakte van elke categorie landgebruik tussen 1775 en 2020.

4.1.1.3 Landscape change index

De zeven landgebruikkaarten vormen tijdsdoorsneden in de onderzochte tijdsperiode. Door de berekening van de LCI kunnen echter ook de zes tijdsintervallen tussen deze zeven perioden onderzocht worden. De bedoeling is om zo de grootte van de veranderingen in het studiegebied uit te drukken met één cijfer en zo de meest dynamische perioden van landschapsveranderingen te achterhalen.

In tabel 5 staan de eindresultaten van de LCI-berekeningen. De uitgebreide tabel met de volledige berekening van de absolute oppervlakte per categorie landgebruik tot de LCI is terug te vinden in de Appendix 1.2. De grootste landschapsveranderingen in de alluviale vallei vonden plaats in de periode 1984-2000. De LCI-waarde bedraagt in die periode namelijk 20,8. Dat is bijna dubbel zo hoog als in de vorige periode 1969-1984. Het meest recente tijdsinterval 2000-2020 kende het tweede grootste aantal veranderingen met een LCI-waarde van 16,45. Opvallend is dat de perioden 1775-1870 en 1870-1909 de kleinste LCI-waarden hebben die ongeveer vier keer zo klein zijn dan de waarde in de periode 1909-1969. 1984-2000 en 2000-2020 vormen dus de meest dynamische perioden in het landschap van de alluviale vallei en 1775-1870 en 1865-1909 waren de meest stabiele perioden.

Tabel 5: Berekening van de LCI voor de alluviale vallei. (*Omdat populierenakker een aparte categorie is vanaf 1968, betekent de categorie bos vanaf 1968 de overige bosoppervlakte.)

Tijdsinterval	CA (%)					
	1775-1870	1870-1909	1909-1969	1969-1984	1984-2000	2000-2020
Grasland	-2,96	-0,52	-7,17	-5,32	-20,79	4,11
Akkerland	0,67	-0,85	-1,40	-3,11	10,32	-11,63
Durme	0,27	-1,10	-3,45	-3,49	0,24	0,48
Oppervlaktewater	2,55	-0,46	2,50	4,18	4,42	-0,63
Bebouwing	-0,37	0,49	0,62	1,32	1,13	1,15
Bos*	-0,15	2,45	-0,18	2,09	-0,01	0,50
Bos populierenakker	n.v.t.	n.v.t.	4,21	0,28	4,44	-3,62
Slikken & Schorren	n.v.t.	n.v.t.	4,87	4,05	0,23	-0,59
Overstromingsgebied	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	10,21
LCI	3,49	2,94	12,21	11,93	20,80	16,45

De LCI-waarden in de drie deelgebieden verschillen sterk van de waarden voor de gehele alluviale vallei (tabel 6). De LCI-waarden in deelgebied I nemen voor bijna elke periode toe. Enkel de periode 1969-1984 kende minder intense landschapsveranderingen dan de periode 1909-1969 en de perioden erna. 2000-2020 heeft een opvallend hoge LCI-waarde in vergelijking met de andere waarden en zeker met de waarden in de gehele alluviale vallei. Dit is vermoedelijk te wijten aan de aanleg van de Sigmaplan

overstromingsgebieden in deelgebied I. In de andere deelgebieden werden geen overstromingsgebieden aangelegd. De intensiteit van landschapsverandering is over het algemeen dus sterk toegenomen doorheen de onderzochte tijdsperiode, met een opvallend grote stijging in de laatste 20 jaar. In deelgebied II hadden de perioden 1909-1969 en 1984-2000 de meest ingrijpende landschapsveranderingen. De stijgende trend van de indexwaarde in deelgebied I is hier afwezig door de afwisseling met de stabielere perioden 1969-1984 en 2000-2020. In deelgebied III hadden de laatste drie perioden de grootste intensiteit van landschapsveranderingen, waarvan 1984-2000 de meest intense periode was. Net als in de gehele alluviale vallei, valt in de drie deelgebieden op dat 1775-1870 en 1865-1909 de meest stabiele perioden vormden in het landschap. De uitgebreide tabellen met de volledige berekening per deelgebied staan in Appendix 2.2, 2.3 en 2.4.

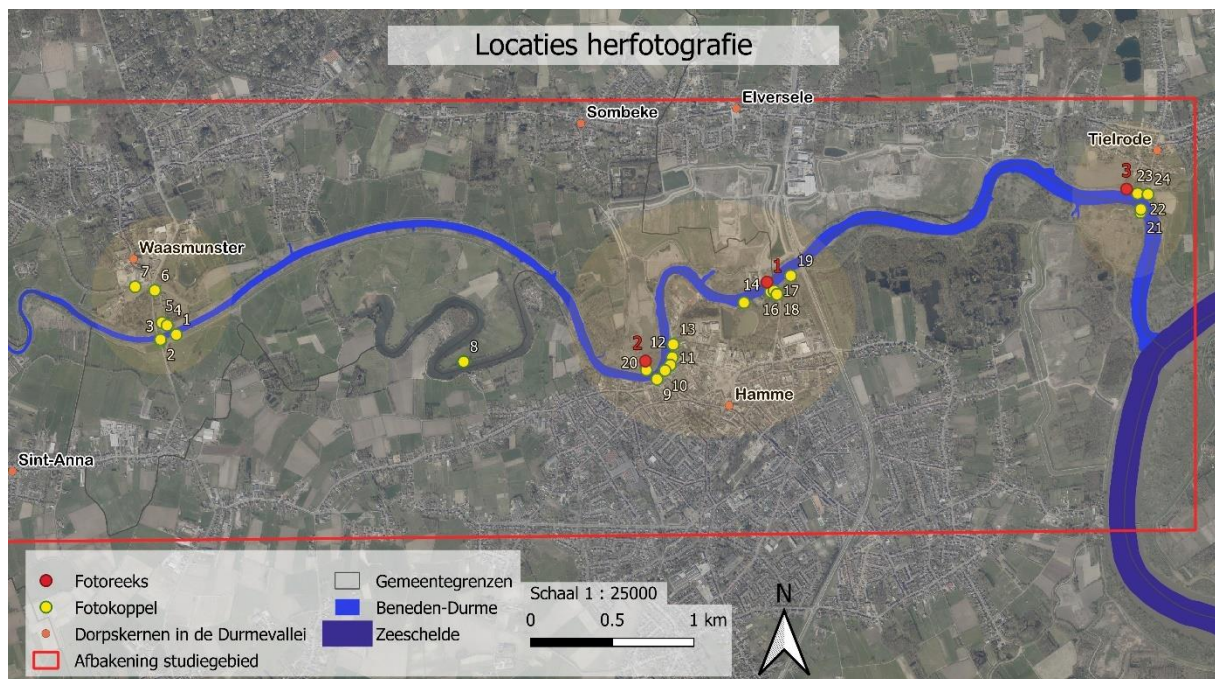
Tabel 6: LCI-waarden voor elk tijdsinterval in de drie deelgebieden.

Deelgebied	LCI					
	1775-1870	1870-1909	1909-1969	1969-1984	1984-2000	2000-2020
I	4,79	7,15	17,43	12,03	30,65	56,09
II	1,27	3,10	22,27	7,87	20,87	9,35
III	4,15	2,27	8,29	24,74	31,03	20,68

4.1.2 Herfotografie

4.1.2.1 Lokalisatie en fotocusters

Van de verzamelde oude foto's werden er 95 gelokaliseerd. Uiteindelijk werden daarvan 27 geselecteerd voor herfotografie. Hun locatie is aangeduid op figuur 17. Elk fotokoppel en elke fotoreeks kreeg een identificatienummer dat vermeld is bij de locatie op de kaart.



Figuur 17: Locatie van de 24 fotokoppels en drie fotoreeksen in drie clusters in het oostelijke deel van het studiegebied (achtergrond: Informatie Vlaanderen).

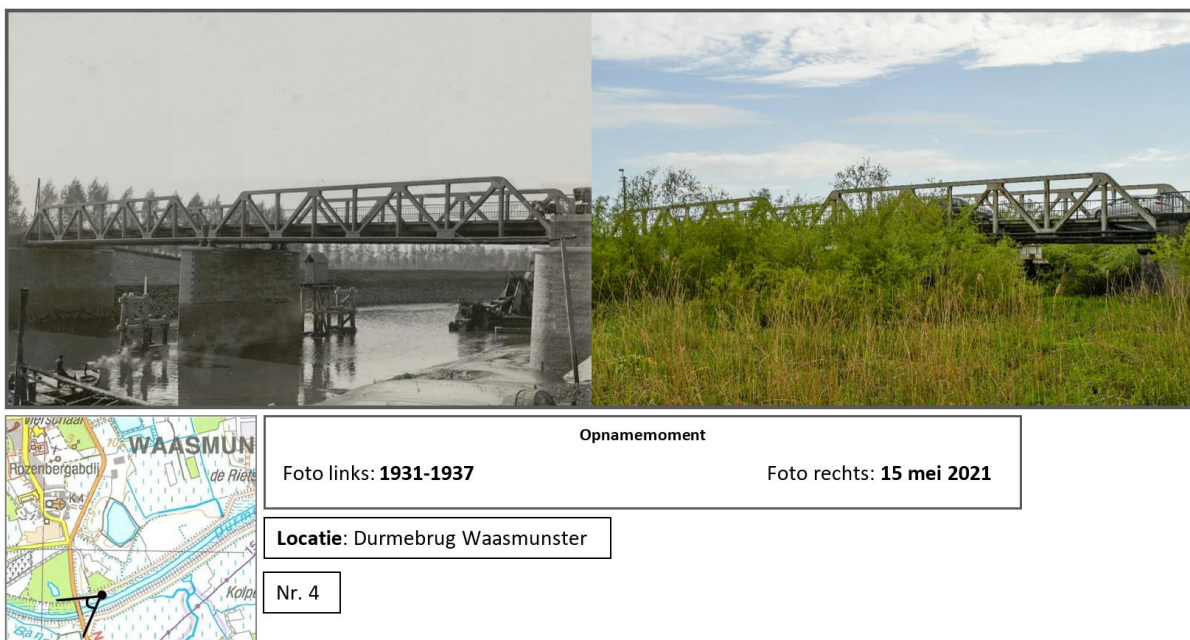
4.1.2.2 Fotokoppels

Op figuur 18 is links de houten ophaalbrug over de Durme in Waasmunster te zien. Deze foto dateert van eind 19^{de} eeuw tot 1918. Tussen 1931 en 1937 werd de Durme tussen Hamme en Waasmunster rechtgetrokken en daardoor kwam de Durme 200 meter zuidelijker te liggen dan de plek op de foto (Verstraeten, 2017). De Durme werd op deze plaats gedempt en momenteel ligt er een druk kruispunt. Enkele huizen op de oude foto zijn nog steeds zichtbaar in de huidige foto. Op fotokoppel 7 (Appendix 3.1) is deze plek van iets verderop ook te zien. Op deze oude foto is de houten ophaalbrug uit figuur 18 afgebroken en vervangen door een metalen draaibrug. De datering van deze foto is niet exact bekend, maar situeert zich tussen 1918 en de heraanleg van de rivierbedding.



Figuur 18: Fotokoppel 6 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

Op figuur 19 is links de huidige Durmebrug in Waasmunster zichtbaar, die op deze foto pas gebouwd is over de nieuw gegraven bedding. De verzanding van de rivierbedding is zeer goed zichtbaar tussen de oude foto en de huidige foto. De middelste brugpijler lag net na de aanleg in het midden van de Durme en ligt momenteel in de slikken en schorren met sterk opgeschoten vegetatie. Op fotokoppel 2 (Appendix 3.2) is de impact van de verzanding goed zichtbaar. De foto links toont opnieuw de nieuwe bedding na de rechttrekking van de Durme en rechts is de nieuwe haven van Waasmunster met loskade zichtbaar. Momenteel is de linkerhelft van de oorspronkelijk bedding verzand met sterk opgeschoten vegetatie op de slikken. Op de achtergrond van beide foto's is de cuesta van het Waasland zichtbaar. Fotokoppel 1 (Appendix 3.3) is genomen op de kade van de haven van Waasmunster, richting de dorpskern in het noorden. Ook hier valt de verzanding van de oever op doordat de slikken en schorren op de huidige foto zichtbaar naar voren zijn aangegroeid. Daarnaast is er meer vegetatie gekomen ten noorden van de rivier en daardoor is Waasmunster niet meer zichtbaar op de huidige foto. Fotokoppel 5 (Appendix 3.4) is genomen aan de noordelijke oever en daarop is te zien dat er enkele bomenrijen langsheen perceelsgrenzen en de N446 - links op de foto - zijn bijgekomen of gegroeid zijn. Links van de N446 ligt 'de Moerasput', een natuurreservaat dat sinds 1968 beheerd wordt door vzw Durme (Werbrouck, 2006). De ontwikkeling van dit kleine natuurreservaat is goed zichtbaar op fotokoppel 3 (Appendix 3.5). Net na de rechttrekking van de Durme was het landschap op deze plek duidelijk open, maar momenteel is het landschap eerder gesloten door de ontwikkeling van het natuurreservaat, de bomenrijen en de schorrenvegetatie.



Figuur 19: Fotokoppel 4 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

Op figuur 20 is de site van de getijdenwatermolen aan de Oude Durme zichtbaar. Volgens Verstraeten (2017) zou er op deze site als sinds de 14^e eeuw een getijdenwatermolen gestaan hebben. De watermolen geraakte buiten werking na de afsnijding van de meanders in dit gebied tussen 1931 en 1937. Op de oude foto links was de molen al buiten werking en stond het gebouw leeg. Ondertussen is er een taverne gevestigd in het gebouw en is de hele omgeving van de Oude Durme een populair recreatiegebied geworden. De omgeving rondom het gebouw heeft zichtbaar meer vegetatie dan op de oude foto. Dit komt omdat deze omgeving momenteel ingericht is als tuin van de taverne.



Figuur 20: Fotokoppel 8 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

Een groot deel van de verzamelde oude foto's zijn genomen op het Kaaiplein in Hamme. Deze site was een belangrijk centrum van bedrijvigheid in Hamme door de industrie in de omgeving (Van Uytfanghe, 1979). Op deze gemeentekaai werden dagelijks goederen zoals steenkool, granen, voedingswaren en vezels voor de touwindustrie in Hamme geladen en gelost. Dat verklaart waarschijnlijk de populariteit van deze plek voor fotografen (Verstraeten, 2017). Ten westen van de gemeentekaai bevonden zich ook kleine fabrieken en pakhuizen met private killen. Deze killen zijn goed zichtbaar centraal op figuur 9 en 10. Op figuur 21 is de beschreven bedrijvigheid goed zichtbaar. Meerdere boten liggen aangemeerd aan de kaai en op de achtergrond zijn er verschillende fabrieksschouwen zichtbaar. Op de huidige foto zijn de fabrieken en de boten verdwenen. Het kaaiplein is momenteel ingericht als parking en op de plek waar de fabrieken en pakhuizen stonden, staan nu appartementsgebouwen. Fotokoppel 20 (Appendix 3.6) geeft ook een duidelijk beeld van de fabrieken en pakhuizen op deze locatie. De foto werd genomen vanaf de overkant van de rivier, in het huidige overstromingsgebied Groot Broek waar de vegetatie momenteel het zicht belemmert op de kaaisite. De oude kaaimuur is ondertussen vervangen door een hoger en breder exemplaar dat bedoeld is om overstromingen tegen te gaan. De huidige kaaimuur werd in de jaren '70 aangelegd zoals te zien is op fotokoppel 13 (Appendix 3.7). Het hoogteverschil van de huidige kaaimuur met de oude kaaimuur is ook goed zichtbaar op fotokoppels 10 en 11 (Appendix 3.9 en Appendix 3.8). Rechts op de foto is te zien hoe de binnenbocht van de Durme is aangegroeid door verzanding. Op fotokoppel 10 is ook te zien hoe het Meulenbroek rechts op de foto geëvolueerd is van een open meersgebied tot een recreatief gebied met een sport- en cultuurcomplex en bossen.



Figuur 21: Fotokoppel 12 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

Op figuur 22 zijn twee belangrijke elementen verdwenen tussen de oude foto en de huidige. Van 1877 tot 1957 was de spoorlijn Dendermonde – Sint-Niklaas actief. Enkele honderden meters ten westen van het kaaiplein lag er een spoorwegbrug die in 1960 afgebroken is (Verstraeten, 2017). Op de oude foto

van fotokoppel 9 is deze spoorwegbrug in de verte zichtbaar. In de voorgrond is de steiger van het veer Hamme-Sombeke zichtbaar. Beide elementen zijn verdwenen in het huidige landschap en de aanwezigheid in vegetatie vormt een groot verschil tussen beide foto's. Op de huidige foto is er veel meer rietvegetatie die grotendeels ontbreekt op de oude foto. Rechts op de foto ligt nu het overstromingsgebied Groot Broek. Op de oude foto is er een afwisseling tussen tuinen met theehuisjes en killen met loskaden te zien. Op de huidige foto zijn er nog steeds tuinen te zien, maar de killen zijn verdwenen en de rietvegetatie neemt veel zicht weg. Ook op andere fotokoppels (1, 4 en 13) is er een duidelijke verruiging van de vegetatie aan de oevers zichtbaar.



Figuur 22: Fotokoppel 9 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

Op fotokoppel 19 (figuur 23) is de site van de Mirabrug te zien. Op deze plek was voor 1827 een veer tussen Elversele en Hamme. Dit veer is ook zichtbaar op de Ferrariskaart (figuur 6). In 1827 werd voor het eerst een brug gebouwd in deze omgeving en in 1898 werd de huidige brug gebouwd. In de Eerste Wereldoorlog werd de brug vernield en terug heropgebouwd als draaibrug met draaibaar middengedeelte (Verstraeten, 2017). Op fotokoppel 14 (Appendix 3.10) is de werking van de draaibrug duidelijk weergegeven omdat op het moment van de foto-opname een schip passeerde. Vanaf 1904 werd deze brug ook gebruikt door de tramlijn Hamme-Antwerpen (Verstraeten, 2017). De brug wordt sinds 1970 Mirabrug genoemd omdat er toen filmopnames van de gelijknamige film 'Mira' plaatsvonden aan de brug. Tot 1980 moest het autoverkeer van Hamme naar het Waasland over deze brug die slechts één rijstrook had. Fotokoppel 17 (Appendix 3.11) toont de Mirabrug in 1972 toen die nog functioneerde als de enige verkeersverbinding over de Durme ten oosten van Waasmunster. Door het toenemende autoverkeer werd de brug een knelpunt voor het lokale verkeer. In 1980 werd daarom een nieuwe brede brug voor de N41 gewestweg gebouwd, enkele honderden meters ten oosten van de Mirabrug (figuur 26) (Verstraeten, 2017). Op fotokoppel 17 is te zien hoe de brug momenteel een drukke verbinding is voor wandelaars en fietsers, maar fotokoppels 18 (figuur 23) en 19 tonen foto's van de periode tussen

1972 en nu. Daarop is te zien hoe de brug in vervallen staat is, het middengedeelte opengedraaid is en daardoor ontoegankelijk is. In 1982 kwam er namelijk een defect aan de brug en werd het middengedeelte permanent opengedraaid. Doordat de nieuwe brug de functie overnam van de Mirabrug, werd de brug afgesloten en verwaarloosd. Pas in 1991 werd de brug beschermd als waardevol industrieel-archeologisch erfgoed en in 2003 werd de brug gerestaureerd (Verstraeten, 2017). De Mirabrug vormt vandaag het startpunt voor fiets- en wandelroutes in de Durmevallei en heeft zich sinds de restauratie ontwikkeld tot een toeristische site. Dit heeft effect gehad op de onmiddellijke omgeving waar een grote parking met picknickplaatsen werd aangelegd en waar de site van 'De Koolputten' aan de noordelijke oever een nieuwe invulling kreeg. Op fotokoppel 16 (Appendix 3.12) is deze site goed zichtbaar. Deze site werd tussen 1817 en 1856 opgericht als belangrijke losplaats voor steenkool en beer - vloeibare mest van dierlijke en menselijke oorsprong - en bevatte ook een herberg (Buggenhout, 2005). Het kleine huis op de oude foto van fotokoppel 16 werd vervangen door een groter huis, zoals zichtbaar is op fotokoppel 15 (Appendix 3.13). De grootte van de site, de kaaimuur en de huizen toont aan dat dit een erg populaire loskade was in de omgeving. Rond 1980 raakte de site in verval door het verdwijnen van de scheepvaart op de Durme (Verstraeten, 2017). Deze vervallen toestand is duidelijk te zien op figuur 23 en 24. Op fotokoppel 17 is de site duidelijk nog niet vervallen. In 2007 werd de site afgebroken en nadien gekocht door NV Waterwegen en Zeekanaal in kader van het Sigmaphan. In 2013 werd de site via erfpacht in bruikleen gegeven aan een projectontwikkelaar en in 2016 werd het voormalige grote huis gereconstrueerd (Verstraeten, 2017). Momenteel is De Koolputten een toeristische locatie met een restaurant, bed-and-breakfast en een expositieruimte. De omgeving van de Mirabrug heeft een boeiende evolutie gekend van een belangrijke handelssite tot verval en tenslotte toeristische herbesteding.



Figuur 23: Fotokoppel 19 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).



Figuur 24: Fotokoppel 18 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

Op figuur 25 is het veer van Hamme-Tielrode nabij de monding van de Durme te zien. Volgens Verstraeten (2017) is deze veerdienst ontstaan in de 17^{de} eeuw en werd ze midden 20^{ste} eeuw vooral gebruikt door arbeiders uit Hamme die werkten op de scheepswerven van Tielrode en Temse. Momenteel is dit het enige veer over de Durme en wordt het vooral gebruikt door wandelaars en fietsers. Op de oude foto is duidelijk te zien dat de veerboot een houten roeiboot was en de aanlegsteiger een vaste schuine helling aan de oever was. Vandaag is de veerboot een grote gemotoriseerde boot en de aanlegsteigers drijven op het water omhoog en omlaag met het getij. De slikken en schorren linksonder de foto's hebben zich op de huidige foto uitgebreid door verzanding. Op de oude foto is rechts aan de oever het voormalige veerhuis te zien waar de veerman woonde en langsheen de dijk stonden notelaars. Rechts op de foto staat een getijdenmeter op palen. De huidige getijdenmeter is enkele tientallen meter verder stroomopwaarts verplaatst (Werbrouck, 2006). Uiterst links op de oude foto, ter hoogte van de zeilboot lag er een kil en een gemeentekaai. De verste toren op de oude foto is de kerktoren van Tielrode en de toren links ervan was de toren van de oude Sint-Jozefkapel die tot de bouw van de nieuwe kerk in 1906 fungeerde als parochiekerk. In 1912 werd de Sint-Jozefkapel verbouwd en de nieuwe toren bevindt zich nu rechts van de kerktoren op de huidige foto (Werbrouck, 2006). Op fotokoppel 22 (Appendix 3.14) is links op de foto de scheepswerf van Tielrode te zien met daarachter de nieuwe Sint-Jozefkapel. Deze scheepswerf bestond tussen 1928 en 1976 en het droogdok werd gebouwd in de voormalige kil aan de gemeentekaai (De Looze, 2002). Op de plek van de scheepswerf ligt nu een tuin en speelbos met hoge begroeiing die het zicht op de bebouwing erachter wegneemt. De verruiging van de oevers met voornamelijk riet valt sterk op in fotokoppel 21 en 22, maar ook op fotokoppel 23 (Appendix 3.15). Op fotokoppel 24 (Appendix 3.16) is tenslotte te zien hoe het smalle onverharde pad naar het veer veranderd is in een brede geasfalteerde weg met toeristische informatieborden. De begroeiing van de tuin heeft het zicht weggenomen op de kapel.



Figuur 25: Fotokoppel 21 (inzetkaart: topografische kaart 2016, kaartblad Sint-Niklaas, NGI).

4.1.2.3 Fotoreeksen

De foto's uit fotoreeks 1 (figuur 26) werden genomen op de Mirabrug in oostelijke richting. Op de foto uit 1904 is een duidelijk bredere Durme te zien met notelaars op de dijken aan beide oevers van de rivier. Op de foto uit 1980 is de nieuwe Durmebrug van de N41 zichtbaar. Op de foto uit 2004 is de verzanding duidelijk zichtbaar aan de linkerkant waar de slikken en schorren zicht sterk hebben uitgebreid naar het midden van de rivier. Op dezelfde foto is een aangemeerd baggerschip te zien dat sluisen moest vrijmaken (Uytenhove *et al*, 2006). Op de foto's uit 2004, 2014 en 2021 is een duidelijke verruiging van de oevers zichtbaar met struweel. Op de foto uit 2021 is een klein plezierbootje zichtbaar dat richting Hamme vaart. Recreatievaart is enige scheepvaart die nog plaatsvindt op de Durme. Het is bovendien enkel mogelijk om tot aan de jachthaven van Waasmunster te varen en dat enkel bij hoogtij (Verstraeten, 2017).



Figuur 26: Fotoreeks Mirabrug Hamme 1904-2021 (Foto's: 1904: Jean Massart, 1980: Georges Charlier, 2004: Jan Kempenaers, 2014: Michiel De Cleene, 2021: eigen foto <http://www.recollectinglandscapes.be>).

Fotoreeks 2 (figuur 27) toont het Groot Broek in Sombeke. De foto's werden genomen op de dijk aan de overkant van de Durme ter hoogte van het kaaiplein in Hamme. Het gebied op deze foto's onderging een opmerkelijke landschapsevolutie tussen 1904 en 2021. Op de foto uit 1904 zijn de binnendijkse hooilanden in het uitgestrekte meersgebied langsheen de Durme zichtbaar. Op de dijken staan notelaars. Op het moment dat de foto werd genomen, werd het hooi net geoogst door de lokale boeren. Uyttenhove *et al.* (2006) vermelden hier dat de hooiopbrengst overvloedig was in dit gebied. Tweemaal per jaar werd het hooi geoogst en in de herfst werd het vee op de graslanden gehouden. In de winter liet men de meersen bij hoge waterstanden overstromen om vruchtbaar slib te laten bezinken. Hetzelfde landschap is sterk veranderd op de foto uit 1980. De hooilanden hebben plaatsgemaakt voor akkers met maïsteelt en de dijk is verhoogd. Op de foto uit 2004 is er een kleine populierenakker zichtbaar achter de akkers en in de verte zijn er meerdere populierenakkers zichtbaar. De foto uit 2014 is genomen net voor de omvorming van deze polder tot een overstromingsgebied voor het Sigmaphan. Op de foto uit 2021 is het landschap drastisch veranderd. Het overstromingsgebied Groot Broek is bijna operationeel en alle akkers en populierenakkers zijn verwijderd. Het landschap is nu open en bestaat uit grote plassen met verspreide zoetwatervegetatie.



Figuur 27: Fotoreeks Groot Broek Sombeke 1904-2021 (Foto's: 1904: Jean Massart, 1980: Georges Charlier, 2004: Jan Kempenaers, 2014: Michiel De Cleene, 2021: eigen foto, <http://www.recollectinglandscapes.be>).

Fotoreeks 3 (figuur 28) toont de evolutie van de Paardenpolder in Tielrode tussen 1904 en 2021. In 1904 bestond deze polder ook uit hooilanden die geregeld bevoeid werden zodat een fijn laagje van vruchtbaar slib achter zou blijven. Links op de foto is de oude lage Durmedijk zichtbaar. Ook op deze plek is de beplanting van de dijk met notelaars zichtbaar. De wortels van deze bomen vormden extra versteviging van de aarden dijken (Verstraeten, 2017). De bebouwing op de achtergrond situeert zich op de hogergelegen voet van de cuesta. In 1980 hebben de hooilanden van de polder plaatsgemaakt voor akkers met maïsteelt, aangeplante fruitbomen en een opgespoten deel op de voorgrond dat als stort dient (Uyttenhove *et al.*, 2006). In 2004 is er op de plaats van het voormalige stort een klein bosje aangeplant en op de achtergrond is links een populierenakker zichtbaar met daarnaast maïsakkers. Op de foto's uit 2014 en 2021 is het kleine bosje verder gegroeid en versperren de bomen het zicht op de rest van het landschap.



Figuur 28: Fotoreeks Paardenpolder Tielrode 1904-2021 (Foto's: 1904: Jean Massart, 1980: Georges Charlier, 2004: Jan Kempenaers, 2014: Michiel De Cleene, 2021: eigen foto, <http://www.recollectinglandscapes.be>).

4.1.3 Driving forces

Op basis van een literatuurstudie van internationale literatuur over de driving forces, de tijdsbalk die opgesteld is door Uyttenhove *et al.* (2006) en lokale studies over de Durmevallei, werden er 61 potentieel relevante driving forces van landschapsverandering in de vallei van de Beneden-Durme gevonden (tabel 7). Deze zijn opgedeeld per grote groep en vervolgens per schaalniveau waarvan ze afkomstig zijn. Het nationale niveau slaat zowel op het Federale België als het Vlaamse Gewest omdat de onderzochte tijdspanne begint voor de federalisering van België. Het regionale niveau slaat op de provincies en streken. Het lokale niveau omvat het studiegebied en de directe omgeving.

Tabel 7: Lijst met 61 potentieel relevante driving forces van landschapsverandering in het studiegebied.

		Driving forces	Voorbeelden en details
Politiek	Internationaal	Beleid natuurbescherming en -behoud	EU niveau: NATURA-2000 -> speciale beschermingszones (SBZ)
		Internationale klimaatakkoorden	Beïnvloedt nationaal milieubeleid en ecologisch bewustzijn
		Verdragen landschapsbescherming en -beheer	Europese Landschapsconventie (ELC)
		Landbouwbeleid	EU niveau: Common Agricultural Policy
	Nationaal	Beleid, wetten & decreten natuurbescherming en -behoud	Grote Eenheden Natuur (GEN), Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) & Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk (IVON), Sigmaplan
		Transport- en infrastructuurbeleid	De aanleg van autosnelwegen, gewestwegen, spoorwegen en buurtspoorwegen
		Beleid onroerend erfgoed & landschapsbescherming en -beheer	Landschapsatlas, ankerplaatsen, relictzones, bouwkundig erfgoed
		Beleid overstromingsbescherming	Sigmaplan
		Landbouwbeleid	Bv. ruilverkavelingen -> grote impact op verdwijnen kleine landschapselementen landbouwsubsidies
		Beleid ruimtelijke ordening	Gewestplannen, ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP), bijzonder plan van aanleg (BPA), herbevestigd agrarisch gebied (HAG), gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (GRUP)
	Regionaal	/	/
	Lokaal	Gemeentepolitiek	Inrichting openbare ruimte, beheer lokaal erfgoed, toeristische, culturele en recreatieve faciliteiten, inrichting volkstuinen
	Sociaaleconomisch	Internationaal	Structurele veranderingen wereldeconomie
Handelsverdragen			Beïnvloedt nationale economie
Prijzen & vraag/aanbod op de internationale markt			Beïnvloedt nationale economie en subsidies

	Subsidies	EU niveau: landbouwsubsidies, subsidies voor Europese bedrijven, Interreg-project USAR (Using Sediment as a Resource)
	Urbanisatie	Beïnvloedt ontwikkeling in urbane, sub-urbane en peri-urbane gebieden
	Industrialisering	Ontwikkeling van industrie in (trans)nationale gebieden
Nationaal	Urbanisatie	Beïnvloedt bebouwing rond stedelijke & rurale gebieden
	Industrialisering	Ontstaan en oprichting productiecentra in industriële centra
	Vraag/aanbod industriële en agrarische producten	Beïnvloedt nationale industriële en agrarische productie
	Subsidies	Ontwikkeling landbouw en industrie
	Belastingen	Beïnvloedt nationale industriële en agrarische productie
	Structurele veranderingen nationale economie	Beïnvloedt industriële en agrarische productie
Regionaal	Urbanisatie	Beïnvloedt bebouwing rond steden en gemeenten, lintbebouwing, ontwikkelingen langsheen steenwegen
	Industrialisering	Oprichting regionale productiecentra, bv. industriële productiecentra langs de Durme & Schelde
	Vraag/aanbod industriële en agrarische producten	Beïnvloedt regionale industriële en agrarische productie
	Subsidies	Ontwikkeling landbouw en industrie
	Provinciale belastingen	Beïnvloedt industriële en agrarische productie
Lokaal	Urbanisatie	Beïnvloedt bebouwing rond dorpskernen, bouw verkavelingen en ontstaan lintbebouwing
	Industrialisering	Oprichting lokale productiecentra, bv. touwindustrie Hamme, scheepswerven, industrieterreinen
	Vraag/aanbod industriële en agrarische producten	Beïnvloedt lokale industriële en agrarische productie
	Vastgoedmarkt	Beïnvloedt bebouwing en indeling percelen

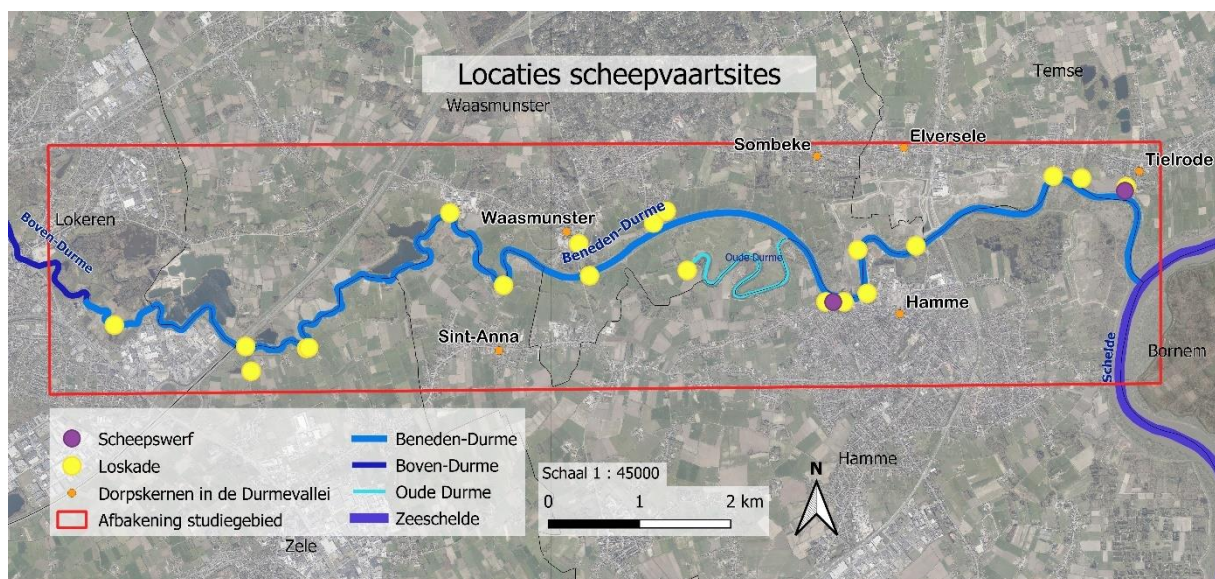
		Financiële middelen gemeenten	Impact op uitbouw culturele, recreatieve en toeristische faciliteiten
		Gemeentebelastingen	Beïnvloedt bebouwing
Cultuur	Internationaal	Ecologisch en duurzaamheidsbewustzijn	Bevordert nationaal milieubeleid en ontwikkeling natuurlijke elementen
	Nationaal	Natuurverenigingen	Aankoop en beheersovereenkomsten in waardevolle natuurgebieden, bv. Natuurpunt vzw
		Toerisme	Uitbouw van fiets- en wandelroutes en toeristische locaties
		Recreatie	Uitbouw recreatieve infrastructuur: visvijvers, sportcomplexen, recreatiedomeinen
	Regionaal	Natuurverenigingen	Aankoop en beheersovereenkomsten in waardevolle natuurgebieden, bv. Natuurpunt vzw & vzw Durme
		Toerisme	Uitbouw van fiets- en wandelroutes en toeristische locaties
		Recreatie	Uitbouw recreatieve infrastructuur: visvijvers, sportcomplexen, recreatiedomeinen
	Lokaal	Toerisme	Uitbouw van fiets- en wandelroutes en toeristische locaties
		Jacht	Aanleg van kleine bospercelen voor wild
		Recreatie	Uitbouw recreatieve infrastructuur: visvijvers, sportcomplexen, recreatiedomeinen
Technologie	Internationaal	Transporttechnologie	Spoorwegen, gewestwegen, autosnelwegen, gemotoriseerde boten -> toename mobiliteit en toegankelijkheid
		Mechanisch	Machines infrastructuurwerken, baggerboten en -machines
		Landbouwtechnologie	Kunstmest, mechanisering, sluizen, ontwateringspompen, intensifiëring landbouw, schaalvergroting
		Niet-grondgebonden landbouw	Technologische vooruitgang in de landbouw: vb. vee op stal en teelt veevoedergewassen zoals maïs
	Nationaal	Transporttechnologie	Spoorwegen, buurtspoorwegen (tramlijnen), auto's, gewestwegen, autosnelwegen, gemotoriseerde boten -> toename mobiliteit en toegankelijkheid
	Regionaal	/	/

	Lokaal	/	/
Natuurlijk/Ruimtelijk	Internationaal	Klimaatverandering	Invloed op getijhoogte, overstromingsgevaar, neerslag, ...
	Nationaal	/	/
	Regionaal	Overstromingen	Bouw van dijken, beïnvloedt lokale landbouwmethoden
		Getijden	Bouw van dijken, sluizen, polders, beïnvloedt lokale landbouwmethoden
		Hydrografie (Zeescheldebekken)	Beneden-Durme als onderdeel van het Zeescheldebekken
		Ruimtelijke context dorpskernen	De ligging van de dorpskernen aan de rand van de alluviale vallei
	Lokaal	Overstromingen	Bouw van dijken, beïnvloedt lokale landbouwmethoden
		Verzanding	Fysiek knelpunt voor afwatering, veiligheid en scheepvaart
		Topografie	Alluviale vallei, cuestafront & Durme als barrière en verbinding in het landschap
		Bodem	Beïnvloedt lokale landbouwmethoden en -productie
		Hydrografie (Durmebekken)	/
		Ruimtelijke context dorpskernen	De ligging van de dorpskernen aan de rand van de alluviale vallei

4.2 Systemensynthese

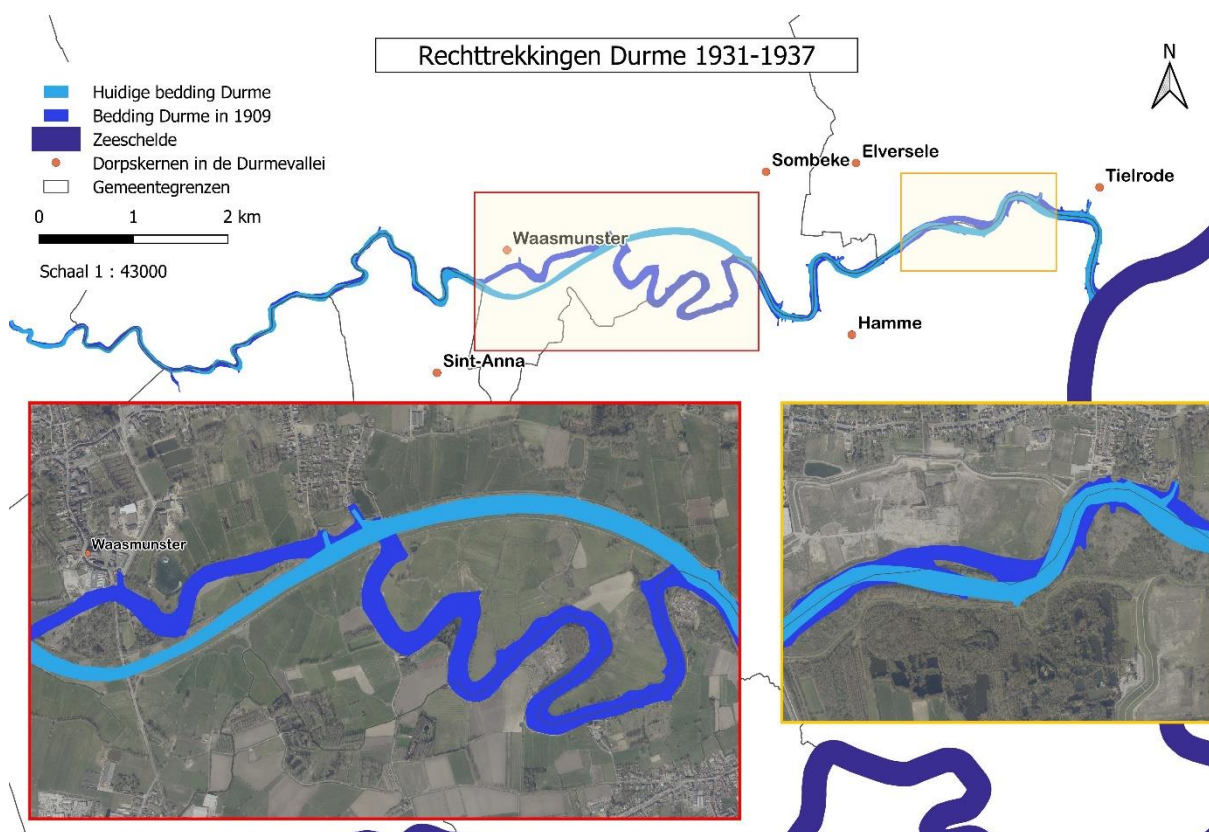
4.2.1 De invloed van menselijke ingrepen op de hydrografie en het agrarisch landgebruik in de vallei van de Beneden-Durme

Voor de industriële revolutie en de komst van verharde wegen en spoorwegen, was transport over water de vlotste manier om goederen te vervoeren. Vanaf de middeleeuwen zijn er bronnen bekend die spreken over de scheepvaart op de Durme (Verstraeten, 2017). Eind 19^{de}, begin 20^{ste} eeuw kende de scheepvaart op de Durme haar hoogtepunt met gemiddeld vijf aangelegde schepen per werkdag in Hamme en drie in Lokeren. Dit is voornamelijk te danken aan de groei van kleine industriële centra langsheen de rivier (Taverniers, 1979). Op deze eeuwovergang werden ongemotoriseerde boten - die langsheen de jaagpaden op de dijken getrokken werden of zeilen gebruikten - geleidelijk aan vervangen door stoomboten en nadien boten met dieselmotors (Verstraeten, 2017). Omdat de Durme dus een belangrijke transportas vormde voor de lokale economie, werden er op verschillende plekken langsheen de dorpskernen aan de rivier laad- en losplaatsen, maar ook scheepswerven opgericht. Veel van deze scheepvaartsites zijn zichtbaar op de fotokoppels (fotokoppel 2, 6, 10, 11, 12, 16, 20 en 22). Deze laad- en losplaatsen worden vaak kade, kaai of aart/aard genoemd. Een kade kon aan de oever van de rivier gelegen zijn of in een kleine inham die een kil genoemd wordt (Verstraeten, 2017). Veel straatnamen in de Durmevallei verwijzen hier nog steeds naar (Appendix 4.1). Figuur 29 geeft een overzicht van de (voormalige) locaties van de scheepvaartsites in het studiegebied. De verzandingsproblematiek was al reeds op het hoogtepunt van de scheepvaart een grote belemmering. Verstraeten (2017) vermeldt dat het slib in de rivier zich gemakkelijk afzette aan de verticale kaaimuren en de killen ondiep maakte. Wanneer er teveel slib accumuleerde langsheen de kaaimuur, begonnen de schepen bij laagtij in een gevaarlijke helling richting de rivier te leunen (Appendix 4.2).



Figuur 29: De locaties van de loskaden en scheepswerven langsheen de Beneden-Durme (data: Werbrouck, 2006; Verstraeten, 2017. Achtergrond: Informatie Vlaanderen).

De toenemende verzanding door de afsnijding van het bovendebiet midden tot eind 19^{de} eeuw en het lange kronkelende tracé van de Durme tussen monding en Moervaart vormde een sterke belemmering voor de groei van de scheepvaart op hetzelfde moment (Taverniers, 1979). Bijgevolg werd het baggeren en uitdiepen van de rivierbedding een terugkerende ingreep tot op heden (Appendix 4.3). Dit vormt slechts een tijdelijke oplossing omdat de verzanding ongestoord blijft doorgaan (Verstraeten, 2017). Om de scheepvaart tot in Lokeren eenvoudiger te maken en als schijnbaar duurzame oplossing tegen de verzanding, werden er in tussen 1931 en 1937 twee belangrijke rechtekkingen gedaan tussen Hamme en Waasmunster en in Tielrode (figuur 30). De loop van de rivier werd hierdoor 2,3 kilometer ingekort en de kort opeenvolgende meanders uit deelgebied II werden afgesneden door de nieuwe bedding in een ruime bocht ten noorden ervan te graven. Hierdoor liep de Durme niet meer langsheen de dorpskern van Waasmunster, maar 200 meter zuidelijker. De afgesneden meanders vormen nu de Oude Durme (Taverniers, 1979). Bij de rechtekking tussen Tielrode en Elversele werd één van de twee eilanden in de Durme verwijderd. Dit was een langwerpige beboste eiland dat in de gemeente Hamme lag. Op figuur 11 is zichtbaar dat de Durme zich in twee armen splitste rondom het eiland. In 1935 werd de noordelijke arm opgevuld en kwam de huidige dijk over het voormalige eiland te liggen. De zuidelijke rivierarm vormt nu de huidige bedding (Verstraeten, 2017).



Figuur 30: Twee grootschalige rechtekkingen van de Durme tussen 1931 en 1937 (achtergrond: Informatie Vlaanderen).

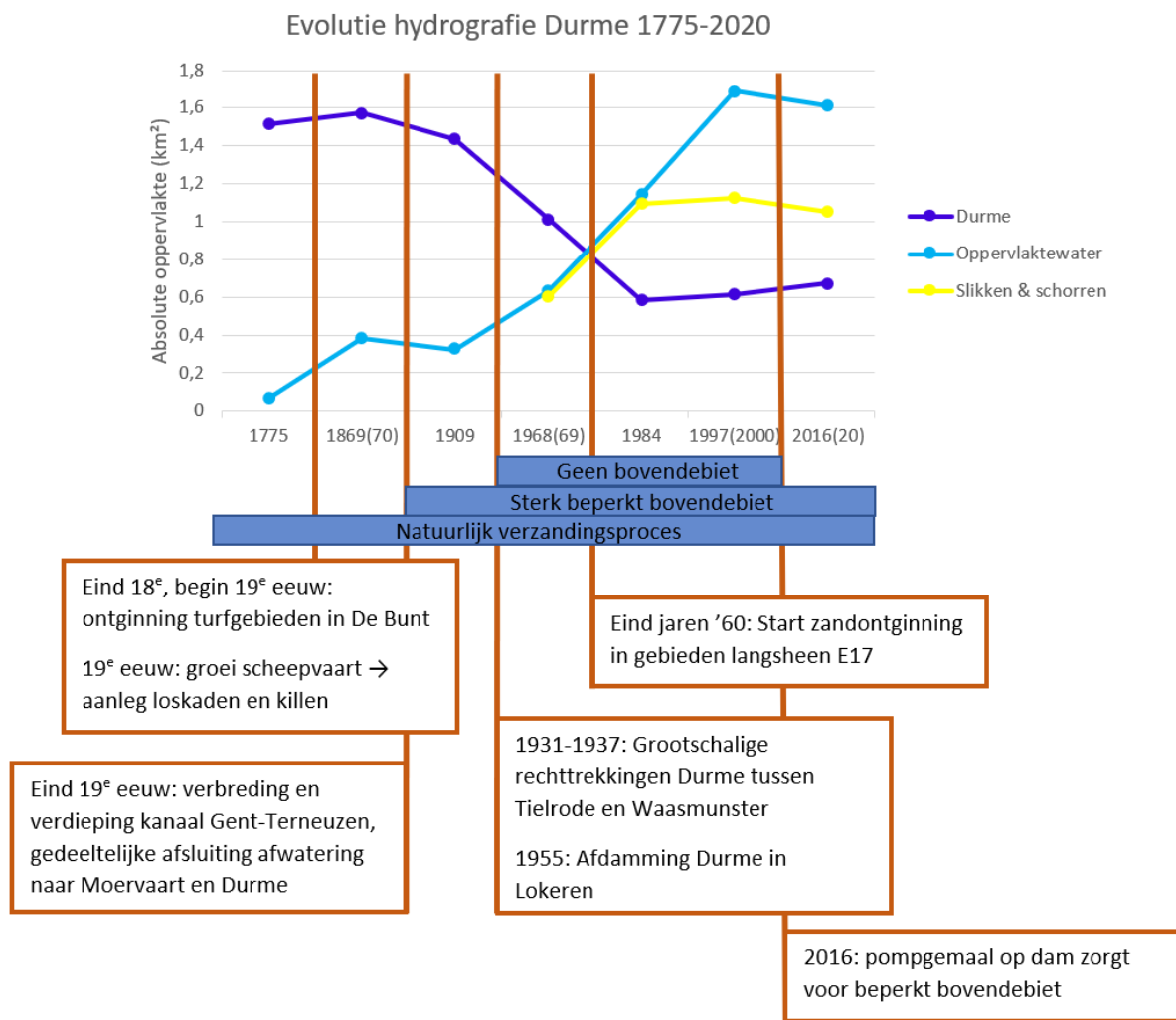
Volgens Taverniers (1979) was het de bedoeling om het hydraulisch vermogen van de rivier te vergroten door de verzande dwarssecties tussen Waasmunster en Lokeren dicht bij de monding te brengen. Volgens de natuurlijke evenwichtstoestand zouden deze secties vervolgens breder moeten worden door de afstand tot de monding te verkleinen. Deze grootschalige ingreep veroorzaakte echter een averechts effect. De natuurlijke evenwichtstoestand reageerde juist door de dwarssecties stroomafwaarts te vernauwen en de nieuwe bedding zonder bochten zorgde voor minder hydraulische weerstand voor de vloedgolf. Hierdoor werd de voortplanting van het getij juist versneld en werd de werd het asymmetrisch getij versterkt met een krachtigere vloedbeweging (Taverniers, 1979). De versnelde verzanding van de bedding zorgde er voor dat het waterniveau bij hoog- en laagtij steeds hoger kwam. Midden 20^{ste} eeuw kwam het vaak voor dat het kaaipein van Hamme en de markt van Lokeren konden overstromen bij springtij (Van Garsse, 1990). De hoogte en de stevigheid van de dijken moest daardoor continu aangepast worden (Verstraeten, 2017). De dijken langs de Oude Durme zijn nog relictten van de historische dijken voor de grote dijkverzwaringen van de 20^{ste} eeuw omdat het gebied sinds 1937 geen getij meer kent (Appendix 4.4). Verstraeten (2017) vermeldt dat de historische dijken slechts één tot anderhalve meter hoog waren en minder dan één meter op kruinbreedte. Op dit moment zijn alle dijken langs de Beneden-Durme verzaard, verbreed en opgehoogd tot acht meter TAW, conform het Sigmaplan. Tegelijkertijd met de dijkverhogingen werden er zes potpolders aangelegd tussen Hamme en Lokeren in de jaren '30 tot '50 die bij stormvloed het overtollige water in de Durme konden opvangen en zo overstromingen stroomopwaarts in Lokeren te kunnen voorkomen (Taverniers, 1979). Het kunstmatige karakter van deze potpolders in vergelijking met het historische meersgebied in de alluviale vallei wordt nadrukkelijk beschreven door Taverniers (1979):

“In feite is het zo dat die potpolders op een kunstmatige en gelocaliseerde wijze de rol van de in de 19de eeuw overstroombaar zijnde Dumedijken overnamen. In de winter liepen toen systematisch alle polders langs de Durme bij hoge hoogwaterstanden onder water. Door de landbouwers werd dit volkomen geaccepteerd, mede door de eeuwenlange gewoonte ervan, maar vooral omdat het overstromende Durmewater proper én slibrijk was. Dit slib -in feite organisch materiaal- bemestte de polders op natuurlijke wijze zonder één frank te kosten. Deze omstandigheden brachten ook voor de Durme zelf voordelige gevolgen mee, daar niet alleen méér vloedwater in de Durme kon binnendringen (groot kom- bergingsvermogen en hydraulische dynamiek), de stormhoogwaterlijn toch dermate gedrukt werd dat geen groot overstromingsgevaar dreigde, en een vrij groot deel van het in de Durme meegesleepte alluvium buiten de rivier in de polders bezonk. Het "gezuiverde" water der overstroomde polders accentueerde de schurende werking van het ebdebiet in de rivierbedding.” (Taverniers, 1979, p. 13).

De werking van de potpolder bleef nadien echter sterk beperkt en de verzanding van de afwateringssluizen in de dijken bleef een groot probleem (Taverniers, 1979; Verstraeten, 2017). Wanneer deze sluizen afgedekt zouden geraken door het slib, dan zouden de omringende gebieden niet meer kunnen afwateren naar de Durme met overstromingen tot gevolg (Verstraeten, 2017). Ook

vandaag moet het slib voor de sluizen nog steeds weggespoten worden door kleine baggerbootjes (Appendix 4.5). In de jaren '40 en '50 was scheepvaart met grotere schepen tot in Lokeren te sterk belemmerd om nog rendabel te zijn. Enkel met kleine boten en bij hoogtij kon men Lokeren bereiken (Taverniers, 1979). Uiteindelijk werd er in 1954 een onderwaterdam aangelegd in de monding van de Durme om de zwaardere zandfracties die zich over de rivierbodem stroomopwaarts verplaatsen bij vloed, tegen te houden. De hoogte van deze dam lag vier meter onder het gemiddelde laagwaterniveau om de scheepvaart niet te hinderen (Taverniers, 1979; Verstraeten, 2017). In 1955 werd de Durme in Lokeren afgedamd om het getij tegen te houden. Vanaf dan was er sprake van de Boven- en Beneden-Durme ofwel respectievelijk de Kanaaldurme en de Tijdurme (Verstraeten, 2017). De Durme in het studiegebied vormde vanaf dat moment slechts een getijgeboden zijtak van de Schelde zonder enig bovendebiet (Van Uytfanghe, 1979). De afsluitende dam in combinatie met het uitbaggeren van de Zeeschelde voor de scheepvaart zorgde voor een nog sterkere toename van de verzandingssnelheid vanaf midden 20^{ste} eeuw. Zeker in het meest westelijke deel van de Beneden-Durme nabij de dam in Lokeren (Verstraeten, 2017). Dit heeft het uitzicht van de Beneden-Durme tussen Waasmunster en Lokeren sterk veranderd. Vanaf figuur 12 tot en met 14 is duidelijk te zien dat de Tijdurme zich als een smalle geul doorheen hoge slikken en schorren slingert. De breedte van de rivier varieert momenteel van slechts tien meter nabij de dam in Lokeren (Appendix 4.6 en 4.7) tot 130 meter aan de monding in de Schelde (Appendix 4.8). De sterke verzanding in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw zorgde voor een sterke toename van slikken en schorren in de bedding van de Durme. De slikken hogen zich telkens op na afzetting van het slib en vormen uiteindelijk hogere schorren waarop zeldzame zoetwatervegetatie kan groeien (Verstraeten, 2017). Deze slikken en schorren vormen een uitzonderlijke natuurwaarde door het zeldzame zoetwatergetij (Vermeersch *et al.*, 2003). Op de hoogste schorren zijn er sinds de tweede helft van de 20^{ste} eeuw zeldzame wilgenvloedbossen ontstaan (Verstraeten, 2017). In 2016 werd in kader van het Sigmoplan een pompgemaal geplaatst op de dam in Lokeren. Bij hevige regenval kan dit pompgemaal tot 7500 liter per seconde overpompen van de Boven-Durme tot de Beneden-Durme. Zo kan er voldoende afwatering verzekerd worden in de Boven-Durme en Moervaart en krijgt de Durme terug een - weliswaar beperkt - bovendebiet. De afwatering bij normale weeromstandigheden is kleiner, maar toch voldoende om verzanding in de Beneden-Durme in beperkte mate tegen te gaan. Door deze maatregel is er minder snel nood aan baggeren (www.sigmaplan.be, 14 mei 2021). Deze evoluties zijn ook terug te vinden in de resultaten van de kwantitatieve veranderingen in het studiegebied (Figuur 31). De aanleg van nieuwe loskaden en killen zorgde mogelijk voor een kleine stijging in de oppervlakte van de Durme tussen 1775 en 1870. Vanaf de tijdsdoorsnede 1869(70) tot 1984 nam de oppervlakte van de Durme met meer dan de helft af. De verbreding van het Kanaal Gent-Terneuzen zorgde voor een nog beperkter bovendebiet bovenop het natuurlijke verzandingsproces dat al voorheen aanwezig was door afsnijding van het brongebied. Vanaf de aanleg van de dam in Lokeren verdween het bovendebiet volledig tot de plaatsing van het pompgemaal in 2016. De sterkste afname van de rivieroppervlakte situeert zich in deze periode. Tussen 2000 en 2020 is er terug een kleine stijging van de rivieroppervlakte. Dit kan mogelijks toegewezen worden aan de terugkeer van een beperkt bovendebiet en de baggerwerken in kader van het Sigmoplan. Het niet-vervuilde deel van de

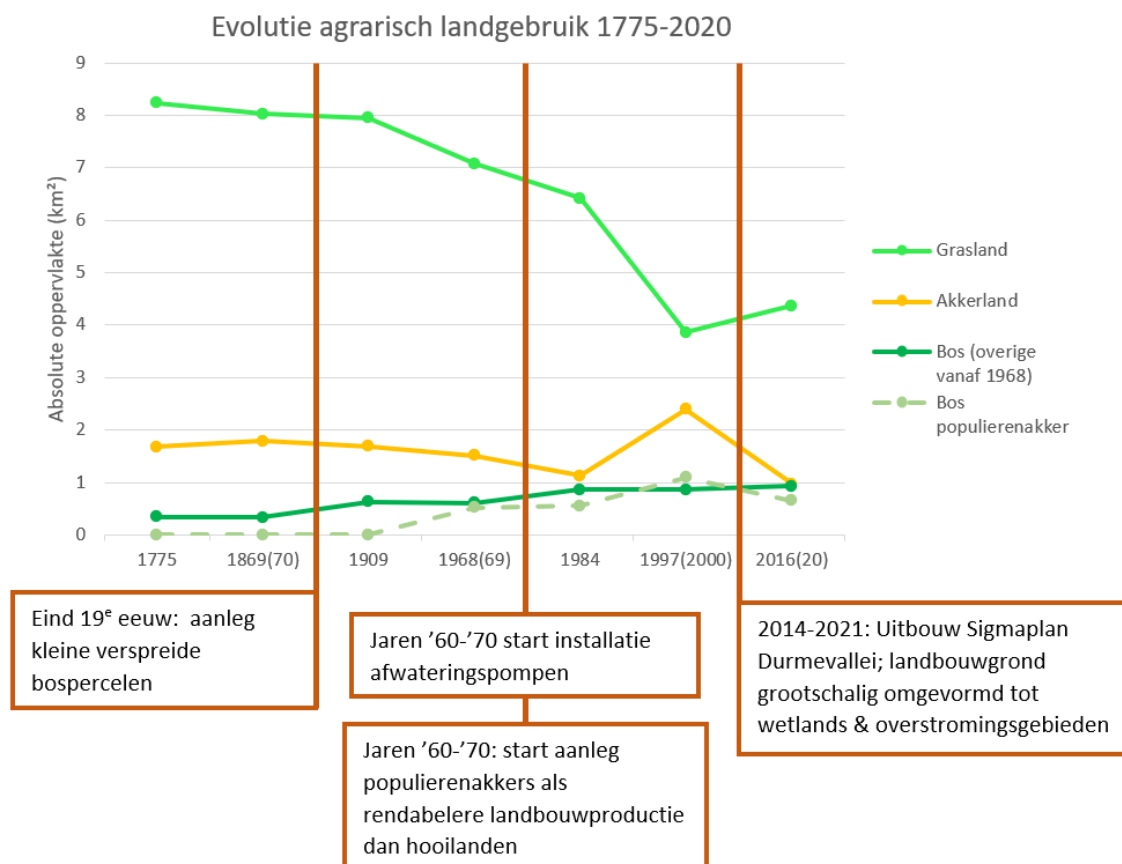
baggerspecie wordt hergebruikt in de ringdijken van de overstromingsgebieden (www.sigmaplan.be, 14 mei 2021). Samenhangend met de verzanding steeg het oppervlakte slikken en schorren, met opnieuw een kleine daling tussen 2000 en 2020. Naast de verzanding is de grote rechtekking tussen 1931 en 1937 ook verantwoordelijk voor een daling van de rivieroppervlakte en een stijging van de hoeveelheid oppervlaktewater door de vorming van de Oude Durme. De verdere stijging van de hoeveelheid oppervlaktewater is te wijten aan de zandontginning sinds eind jaren '60. Door de verzanding is het gemiddelde hoogtij sterk gestegen sinds het begin van de tijmetingen op de Durme omstreeks 1911. Het gemiddelde hoogwater in Tielrode was in de periode 1951-1960 5,25 m TAW, 5,52 m TAW in de periode 1981-1990 en ondertussen al meer dan 6 m TAW. Het hoogteverschil tussen hoog- en laagtij bedraagt nabij de monding ongeveer acht meter. Bij de hoogste waterstanden bereikt de waterhoogte meer dan 7 m TAW. Daarom zijn alle dijken opgehoogd naar 8 m TAW (Verstraeten, 2017). Dit hoogteverschil is zeer goed te observeren bij springtij (Appendix 4.9 en 4.10). Op het moment van beide foto's bedroeg het hoogteverschil ongeveer vier à vijf meter (www.waterinfo.be, 8 april 2020). Uit de resultaten van de LCI-waarden bleek dat 1775-1870 en 1865-1909 de meest stabiele perioden waren in de alluviale vallei vormden. Vanaf de periode 1909-1969 lagen de LCI-waarden meer dan vier keer zo hoog (tabel 5). Dit is deels te verklaren door de start van de grootschalige ingrepen in de hydrografie vanaf de periode 1909-1969.



Figuur 31: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen in de hydrografie van de Durme, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse.

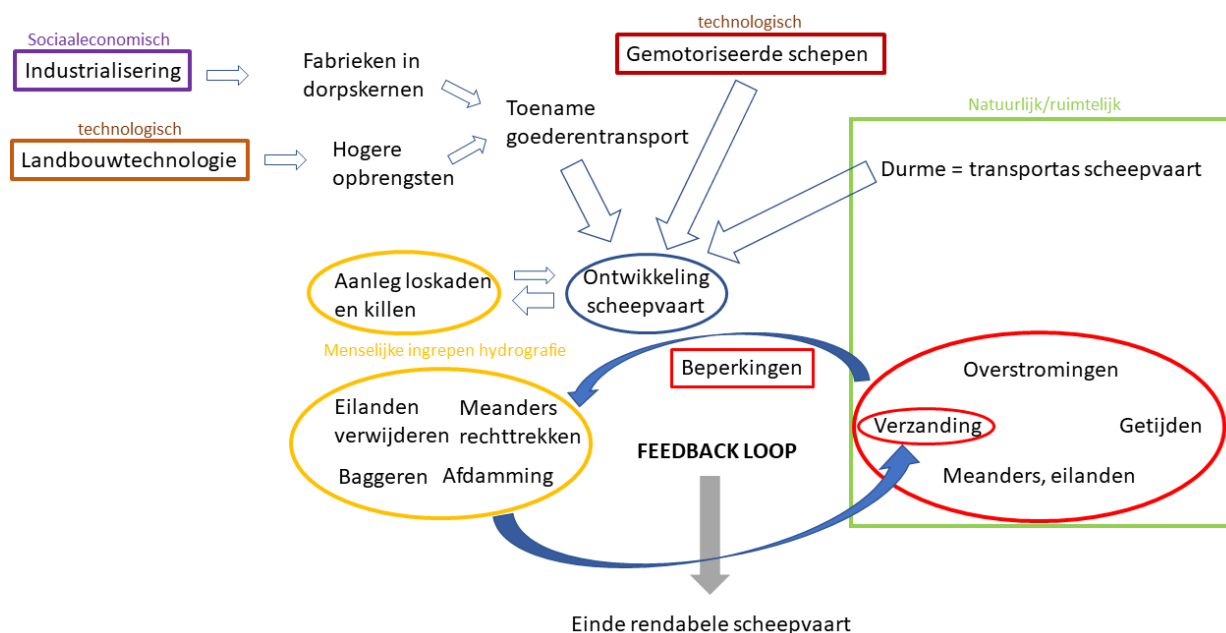
Om de afwatering van de ruime omgeving naar de Beneden-Durme te garanderen, werden er pompstations geplaatst op de locaties van sluizen in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw (Appendix 4.11) (Verstraeten, 2017). Deze pompstations zorgden echter voor een sterke ontwatering van de alluviale vallei, waardoor de gronden naast de rivier geschikt werden voor akkerbouw (Vermeersch *et al.*, 2003). Daarnaast werden bepaalde delen van polders opgespoten met baggerspecie. Veel graslanden in de vallei werden zo omgevormd tot akkers (Vermeersch *et al.*, 2003). Op figuur 32 is te zien hoe de oppervlakte van het grasland in de alluviale vallei sinds 1909 sterker afnam ten voordele van een kleine toename van de bosoppervlakte. De daling van de hoeveelheid grasland wordt nog sterker in het interval 1909-1968(69). Dit komt vermoedelijk door de introductie van populierenakkers op voormalige hooilanden in de natte delen van de alluviale vallei. In de tweede helft van de 20^{ste} eeuw werden hooilanden niet meer economisch rendabel beschouwd en daardoor zochten landbouwers naar alternatieve teelten op langere termijn (Uytenhove *et al.*, 2006). De sterkste daling in grasland vindt plaats tussen 1984 en 1997(2000) door een sterke stijging van de oppervlakte akkerland in de alluviale

vallei. Dit is het verband dat Vermeersch *et al.* (2003) aangaven door de verdroging van de bodems. Dit zorgde bijgevolg voor een snelle en grootschalige overgang van grasland naar akkerland in grote delen van het studiegebied. Deze verandering in landgebruik uit zich ook in de resultaten van de LCI-berekeningen. Waardoor de LCI-waarden voor 1984-2000 een piek kenden (tabel 5). Tussen 1997(2000) en 2016(2020) is er een opvallende daling van de hoeveelheid akkerland en populierenakkers en een stijging van de hoeveelheid grasland. Sinds 2014 werden er op meerdere plekken in de vallei van de Beneden-Durme landbouwgronden omgevormd tot overstromingsgebieden of wetlands die als natte graslanden een belangrijke buffer vormen voor wateropslag in de omgeving (www.sigmaplan.be, 14 mei 2021). Uit de resultaten van de LCI-berekeningen blijkt ook dat de perioden 1909-1968(69), 1968(69)-1984, 1984-1997(2000) en 1997(2000)-2016(20) het grootste aantal veranderingen kenden in het hele studiegebied (tabel 5). 1984-1997(2000) was dus de meest ingrijpende periode qua landschapsveranderingen en dat is goed zichtbaar in de evolutie van het agrarisch landgebruik (figuur 32). Hieraan kunnen verschillende potentiële driving forces gelinkt worden: vraag/aanbod agrarische producten, niet-grondgebonden landbouw en landbouwtechnologie. De afwateringspompen boden de mogelijkheid tot akkerbouw met voornamelijk maïsteelt zoals zichtbaar in fotoreeks 2 en 3. Ongeschikte percelen met natte bodems werden omgezet in populierenakkers. De hooilanden verdwenen en het overgebleven grasland bestaat voornamelijk uit weiden.



Figuur 32: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen in het agrarisch landgebruik, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse.

Op figuur 31 is duidelijk zichtbaar dat 1909-1968(69), 1968(69)-1984 de belangrijkste perioden waren voor verandering in de hydrografie. Verzanding vormt doorheen alle zes perioden een relevante driving force. Vanaf midden 19^{de} eeuw tot midden 20^{ste} eeuw stimuleerden verschillende driving forces zoals industrialisering (ontwikkeling industriële centra in dorpskernen), transporttechnologie (overgang naar gemotoriseerde boten) en landbouwtechnologie (hogere opbrengsten) de ontwikkeling van de scheepvaart op de Durme. De natuurlijke en ruimtelijke driving forces van de Durme zoals verzanding, overstromingen, ruimtelijke context en hydrografie (ligging, meanders, eilanden) vormden echter een beperking voor de ontwikkelende scheepvaart. Menselijke ingrepen net na de bloeiperiode van de scheepvaart begin 20^{ste} eeuw probeerden de natuurlijke driving forces gedeeltelijk tegen te gaan door meanders en oevers recht te trekken en te baggeren. Onverwacht had dit als gevolg dat de verzanding intensiever toenam. Verdere ingrepen op de hydrografie zoals potpolders en een afdamming konden dit proces amper doorbreken, waardoor er een positieve feedback respons ontstond (figuur 33). De ingrepen om de ontwikkeling van de scheepvaart te stimuleren, veroorzaakten bijgevolg deels het einde van de rendabele scheepvaart. Andere driving forces zoals structurele veranderingen in de economie die lokale productiecentra deden verdwijnen of de impact van wijzigingen in transport en mobiliteit hadden ook invloed op het verdwijnen van het goederentransport over de Durme, maar zijn niet mee opgenomen in de focus op de hydrografische feedbackloop.

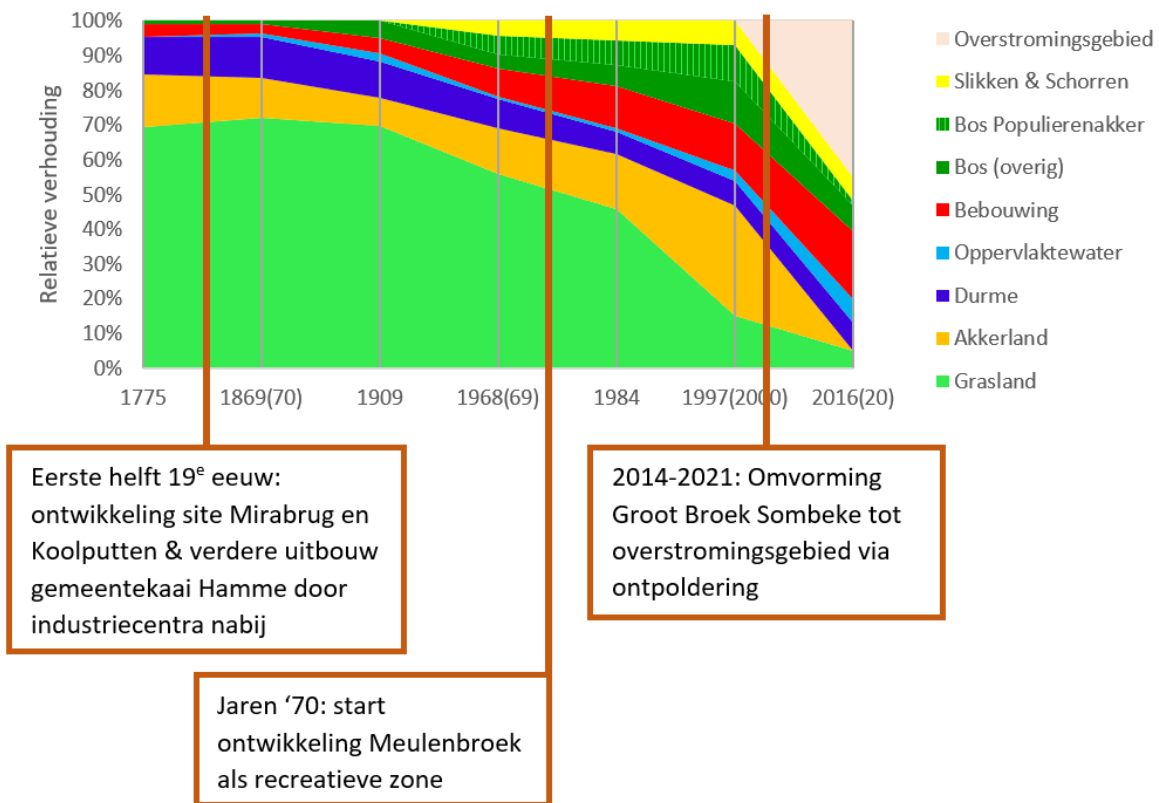


Figuur 33: Schema van de driving forces en menselijke ingrepen die leiden tot het ontstaan van een feedbackloop in de hydrografie van het studiegebied.

4.2.2 Deelgebied I

De perioden 1984-1997(2000) en 1997(2000)-2016(20) kenden het grootste aantal landschapsveranderingen (tabel 6). Zeker voor de periode 1997(2000)-2016(20) bereikt de LCI een waarde die veel groter is dan waarden uit de andere deelgebieden en het hele studiegebied. De oorzaak hiervan is de aanleg van het Sigmaplan overstromingsgebied Het Groot Broek in Sombeke. Sinds de start van de aanleg in 2014 zijn alle bomen, perceelrandbegroeiingen, paden en sporen van bebouwing verwijderd. De akkers zijn voorlopig omgevormd tot wilde graslanden en een gedeelte van de voormalige polder werd onder water gezet voor natuurontwikkeling (www.sigmaplan.be, 14 mei 2021). Deze ingrijpende evolutie in het landschap is zichtbaar op figuur 27. Op figuur 34 is te zien hoe de categorie overstromingsgebied momenteel 45% inneemt van de oppervlakte in deelgebied I. Driving forces zoals het internationaal en nationaal beleid voor natuurbescherming en -behoud, internationale verdragen over landschapsbescherming en -beheer, beleid voor overstromingsbescherming en internationaal ecologisch bewustzijn kunnen gekoppeld worden aan deze evolutie. Ook internationale subsidies vormen een driving force omdat de aanleg van ringdijken met baggerspecie uit de Durme gefinancierd wordt door het Interreg-project USAR (Using Sediment as a Resource). Binnen enkele jaren zal er een ontpoldering van dit gebied gebeuren en vanaf dan wordt het overstromingsgebied operatief. De dijk zal gedeeltelijk weggehaald worden en dan zal de zoetwatergetijdennatuur verder kunnen ontwikkelen (Appendix 4.12) (www.sigmaplan.be, 14 mei 2021). Het aandeel in akkerland volgde dezelfde trend als in het hele studiegebied, maar verdween volledig na de aanleg van het overstromingsgebied. Voor de aanleg van het overstromingsgebied was het aandeel populierenakkers de helft tot iets meer dan de helft van de totale bosoppervlakte. In deelgebied II en III is er geen categorie overstromingsgebied aanwezig. Vraag/aanbod van agrarische producten en de lokale jacht kunnen hieraan gekoppeld worden. Het kaaiplein van Hamme en de site van de Mirabrug vormen de belangrijkste scheepvaartsites in deelgebied I. In de eerste helft van de 19^e eeuw ontwikkelden deze sites zich verder door de industrialisatie en de scheepvaart op de Durme. Vanaf 1968(69) is er een opmerkelijke stijging van de bebouwing in deelgebied I (figuur 34). Centraal in dit deelgebied ligt het Meulenbroek dat sinds de jaren '70 omgevormd werd tot een recreatieve site van de gemeente Hamme met sportcomplexen, een cultuurcentrum, een postkantoor, een politiekantoor, een rustoord, mountainbikeparcours, horeca, en visvijvers. Dat leidde tot een multifunctionele invulling van de ruimte met bebouwing, bossen en vijvers. Driving forces zoals toerisme, recreatie en de politieke beslissingen van de gemeente om dit voormalig meersgebied een andere bestemming te geven kunnen hieraan gekoppeld worden. Het gebied vormt samen met de site van de Mirabrug één recreatieve en toeristische zone. Langs de randen van het studiegebied is de bebouwing ook licht toegenomen door de urbanisatiedruk van Hamme (figuur 11, 12, 13 en 14). Appendix 4.13 geeft een duidelijk zicht op huidige landschapsinrichting in deelgebied I met onderaan en links op de foto het overstromingsgebied Groot Broek.

Relatieve oppervlakte van landgebruikscategorieën in Deelgebied I (1775-2020)

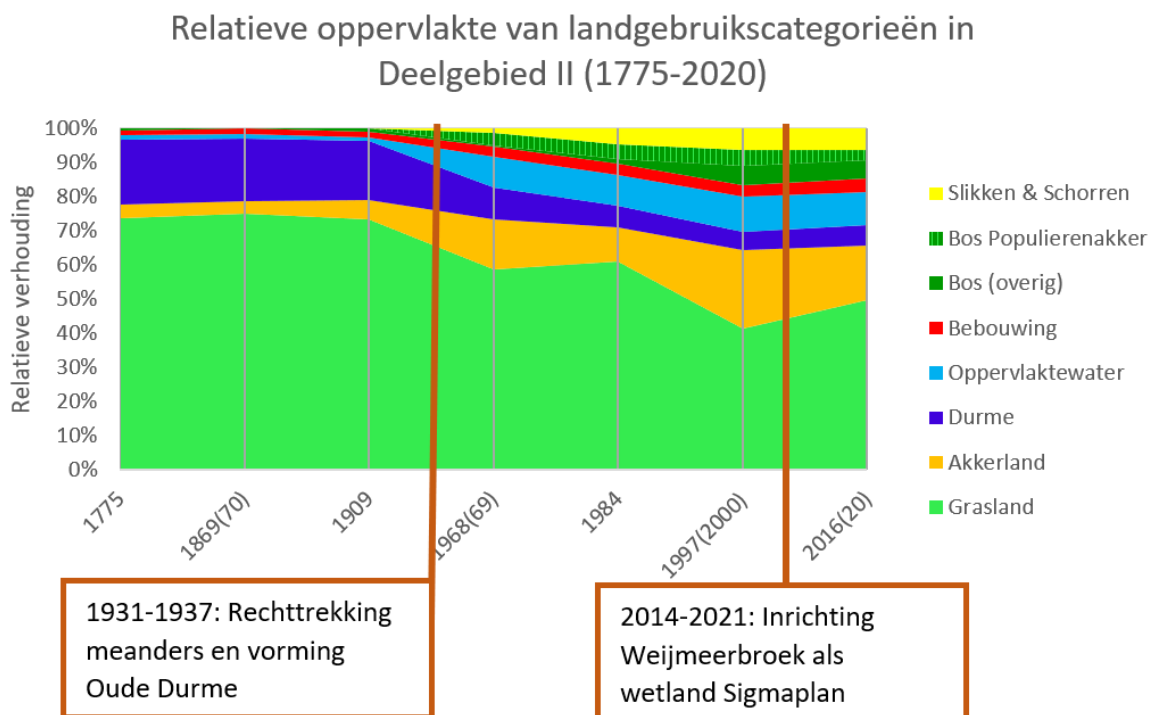


Figuur 34: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse in deelgebied I.

4.2.3 Deelgebied II

Deelgebied II vormt een uitzondering voor de trend van het toenemend aantal veranderingen in het hele studiegebied en Deelgebied I en III. De LCI-waarden liggen globaal lager dan in de twee andere deelgebieden en hebben twee piekmomenten in de perioden 1909-1968(69) en 1984-1997(2000) (tabel 6). Op figuur 35 is te zien dat de oppervlakteverhoudingen tussen de landgebruikscategorieën minder variëren dan op figuur 16 en 34. De gevolgen van de grootschalige rechttrekking van de meanders centraal in dit deelgebied tussen 1931-1937 zijn zichtbaar op figuur 35. Het procentuele aandeel van de Durme in de totale oppervlakte daalt bijna met de helft in 1968(69) en het oppervlaktewater dat voordien slechts een kleine oppervlakte innam, heeft in 1968(69) dezelfde oppervlakte als de Durme. Nadien nam het aandeel van de Durme nog verder af en steeg de oppervlakte aan slikken en schorren. Dat kwam door de verzanding van de nieuwe bedding en dit volgt hetzelfde verband als op figuur 31. De oppervlakte aan akkerland kent op 1984 na een algemene stijging die ook de trend volgt uit figuur 32 in het hele studiegebied. Daarnaast is er vanaf 1984 een toename van het oppervlak bos en populierenakker. De bebouwing stijgt slechts zeer licht over de hele periode en neemt een kleiner

aandeel in dan de bebouwing in deelgebied I. De urbanisatiedruk van Waasmunster in het westelijke deel van dit deelgebied naar de alluviale vallei toe, is dus minder groot dan in de urbanisatiedruk van Hamme in deelgebied I. Na de Tweede Wereldoorlog werden er langsheen de Oude Durme door de gemeente Hamme twee gebieden ingericht als volkstuinten (Werbrouck, 2006). Deze zijn gekarteerd als bebouwing en vormen een klein aandeel in de toename van de bebouwing. De recente toename in het aandeel grasland kan gekoppeld worden aan de inrichting van het Weijmeerbroek tot een wetland in het kader van het Sigmoplan. Het merendeel van de akkers in dit broek zijn omgevormd tot natte weiden en populierenaanplanten zijn verwijderd om een open karakter te creëren (www.sigmoplan.be, 14 mei 2021). Het landschappelijk geheel van het Weijmeerbroek en de Oude Durme is opgenomen in de wetenschappelijke inventaris van het agentschap Onroerend Erfgoed vanwege het open, bewaarde karakter van dit gebied (https://inventaris.onroerenderfgoed.be, 30 maart 2020). Het open karakter van het meersgebied is dus nog deels bewaard en opnieuw gecreëerd in dit deelgebied. Appendix 4.14 geeft een goed beeld van dit open landschapskarakter in de decennia voor de rechtekkingen van de meanders en het verleggen van de Durme ten zuiden van Waasmunster. De natuurontwikkeling kan gekoppeld worden aan politieke driving forces zoals nationaal beleid, wetten & decreten natuurbescherming en -behoud, beleid onroerend erfgoed en landschapsbescherming en -beheer en het beleid voor overstromingsbescherming.

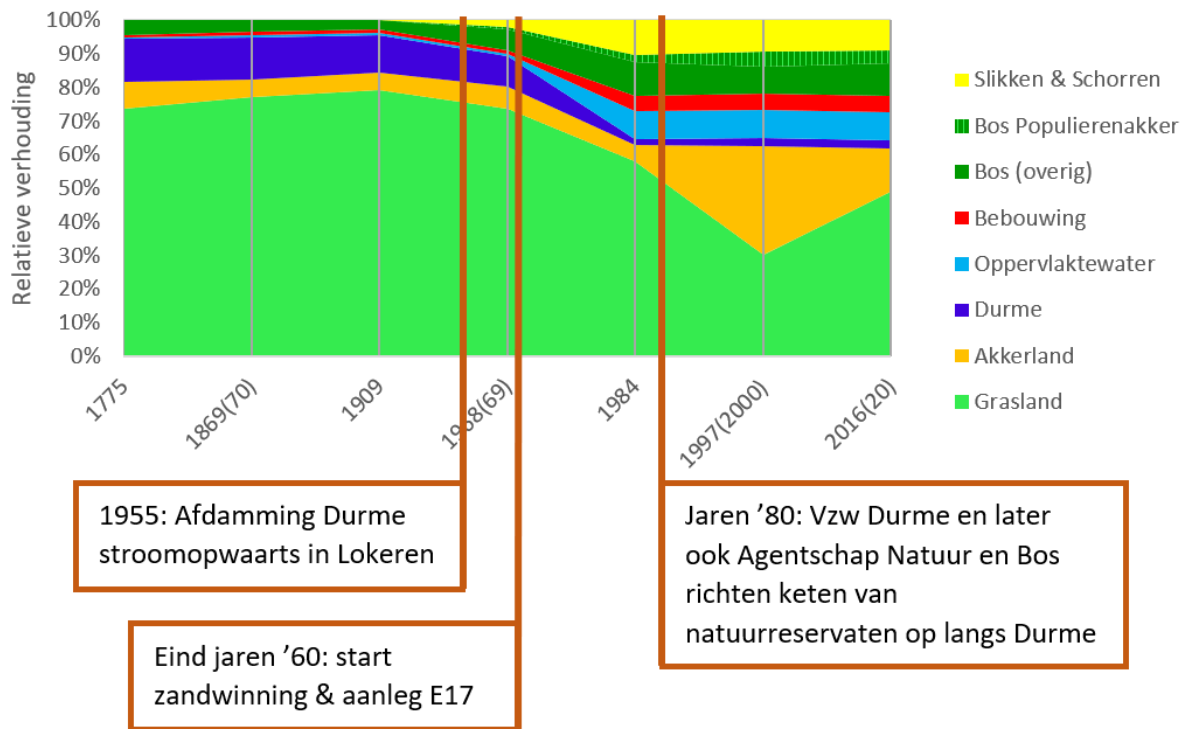


Figuur 35: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse in deelgebied II.

4.2.4 Deelgebied III

In Deelgebied III vonden de grootste landschapsveranderingen plaats in de perioden 1968(69)-1984, 1984-1997(2000) en 1997(2000)-2016(20). De piek van de LCI-waarde lag in de periode 1984-1997(2000) (tabel 6). Opvallend is dat deelgebied III in de periode 1909-1968(69) relatief minder landschapsveranderingen kende dan de andere deelgebieden en het hele studiegebied. In dit deel van de Durme vonden geen rechttrekkingen plaats tussen 1775 en 2020. De afdamming van de Durme in 1955 ter hoogte van het Molsbroek versterkte de verzanding in het meest westelijke deel van de Beneden-Durme. Het effect van de verzanding is te zien op figuur 36. Tussen 1968(69) en 1984 neemt de oppervlakte van de Durme zeer sterk af tot een vierde van de oppervlakte in 1909. In 1968(69) is dit effect nog niet zichtbaar, maar dat kan aan de manier van karteren liggen doordat de categorie slikken & schorren pas vanaf dat moment op de topografische kaarten verscheen. Tussen 1968(69) en 1984 is er ook een sterke toename van het oppervlaktewater en de bebouwing. Eind jaren '60 werd er in de onmiddellijke omgeving van het traject van de E17 zand ontgonnen voor de bedding van de autostrade. Nadien werden enkele zandgroeves verder gezet (Verstraeten, 2017). Hierdoor steeg het aandeel oppervlaktewater sterk. De toename van de bebouwing is te wijten aan de aanleg van de E17 als breed lijnvormig element aan de grens van de alluviale vallei. Van 1984 tot 2020 bleef het aandeel oppervlaktewater en bebouwing quasi gelijk. transporttechnologie, vraag/aanbod van industriële producten en topografie en bodem zijn de relevante driving forces van de evolutie. Vanaf de jaren '80 startte vzw Durme met de aankoop van verschillende percelen in dit deelgebied om ze om te vormen tot natuurreservaten. Nadien deed Agentschap Natuur en Bos hetzelfde. Ondertussen maakt een groot deel van Deelgebied III een deel uit van het natuurreservaat 'Durmemeersen' van vzw Durme. In dit gebied zetten ze in op een gevarieerd beheer met spontane bebouwing en de ontwikkeling van bloemrijke graslanden (Verstraeten, 2017). Hierdoor is het aandeel akkerland sterk afgenomen tussen 1997(2000) en 2016(20). De sterke toename van het aandeel akkerland in 1997(2000) is opmerkelijk, maar volgt de trend zoals besproken bij figuur 32 in het hele studiegebied. De evolutie naar een keten van natuurreservaten zoals vzw Durme het beoogt, kan gekoppeld worden aan de driving forces regionale natuurverenigingen, nationaal beleid, wetten & decreten natuurbescherming en -behoud, internationaal beleid voor natuurbescherming en -behoud en ecologisch en duurzaamheidsbewustzijn.

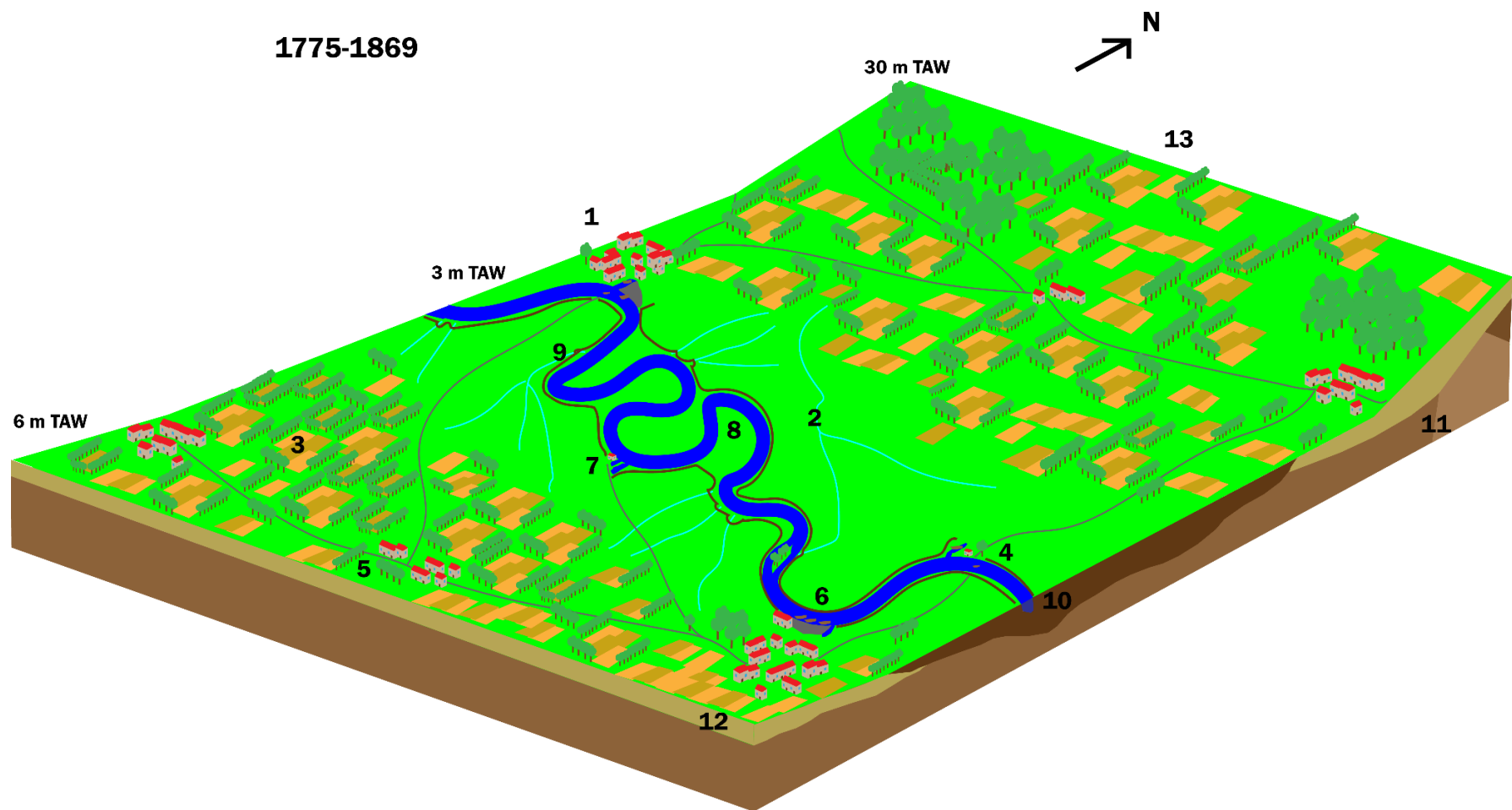
Relatieve oppervlakte landgebruikscategorieën in Deelgebied III (1775-2020)



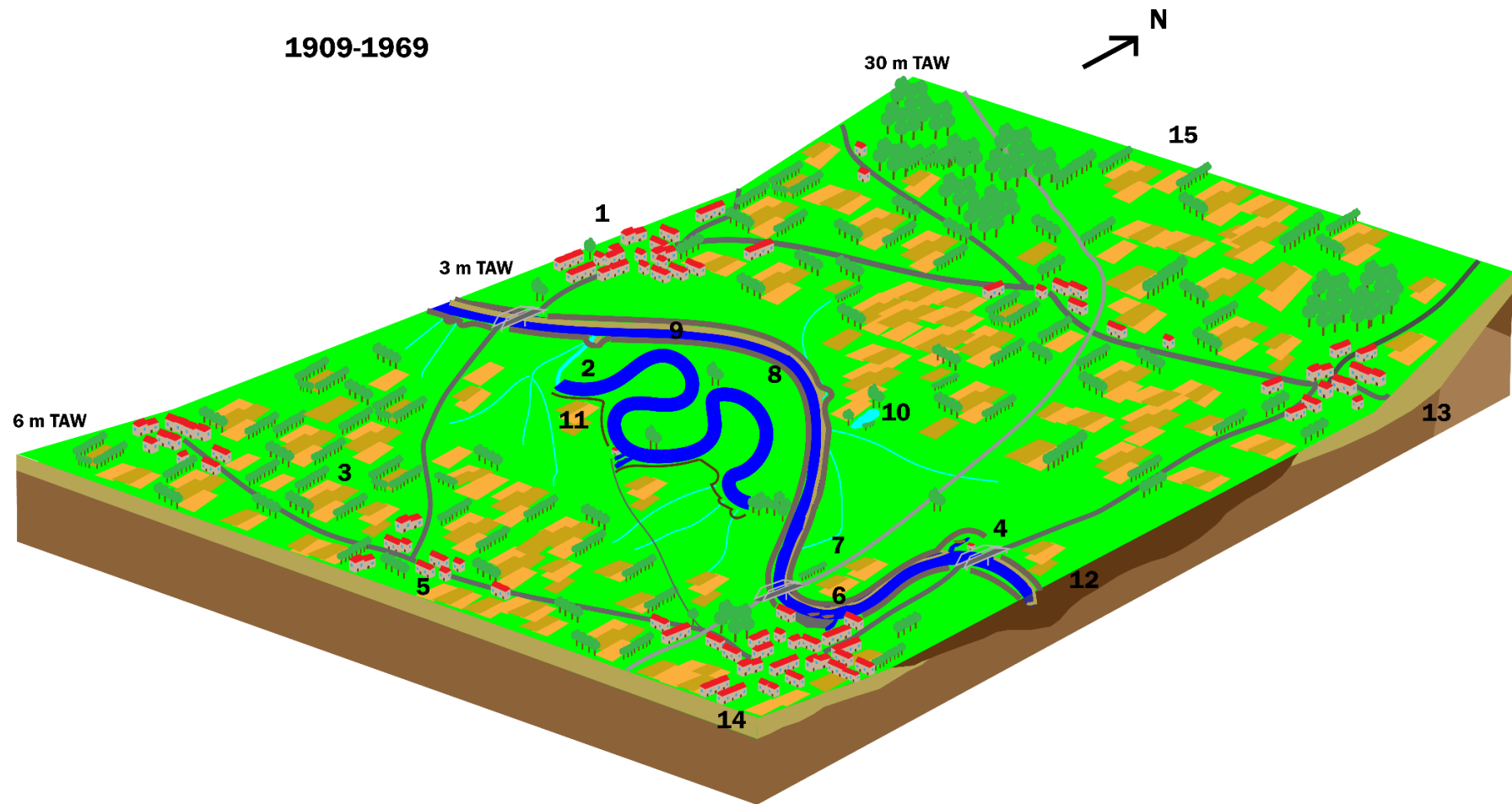
Figuur 36: Tijdslijn van de belangrijkste menselijke ingrepen, geplot op de resultaten van de kwantitatieve kaartanalyse in deelgebied III.

4.2.5 3D-syntheseschetsen

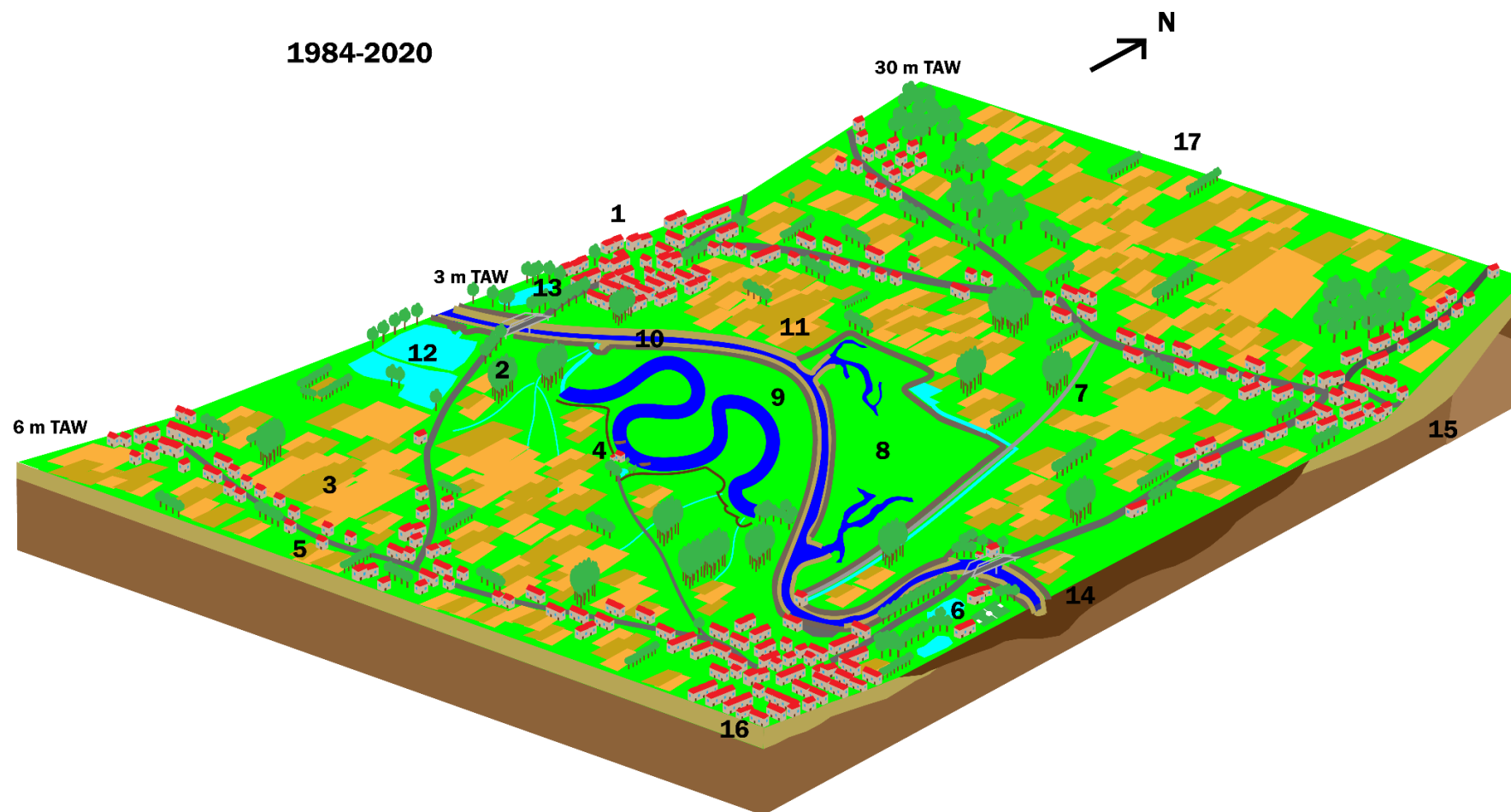
De 3D-syntheseschetsen geven de historische dimensie van het studiegebied schematisch weer. Er werden drie figuren opgesteld die elk drie verschillende tijdsintervallen uit de onderzochte periode voorstellen. De belangrijkste evoluties en landschapselementen uit de resultaten zijn voorgesteld. Figuur 37, 38 en 39 stellen respectievelijk de periode van de Ferrariskaart (1775) tot 1869 voor, de periode 1909-1969 en de periode 1984-2020.



Figuur 37: 3D-syntheseschets van het studiegebied voor de periode 1775-1869. Legende: 1= dorpskern aan rand alluviale vallei, 2= meersen, 3= bocagelandschap met akkers en weiden, 4= veer, 5= straatgehucht, 6= loskade met killen, 7= geïsoleerde site met killen, 8= meanders en eiland, 9= lage dijkes beplant met notelaars, 10= alluviale afzettingen, 11= Tertiaire afzettingen, 12= zandige afzettingen, 13= cuestafront



Figuur 38: 3D-syntheseschets van het studiegebied voor de periode 1909-1969. Legende: 1= dorpskern aan rand alluviale vallei, 2= afgesneden meanders, 3= bocagelandschap met akkers en weiden, 4= brug, 5= straatgehucht, 6= loskade met killen, 7= spoorweg en -brug, 8= hogere en bredere dijk, 9= verzanding in de nieuwe bedding, 10= visvijver, 11= akkerlandpercelen in de alluviale vallei, 12= alluviale afzettingen, 13= Tertiaire afzettingen, 14= zandige afzettingen, 15= cuestafront



Figuur 39: 3D-syntheseschets van het studiegebied voor de periode 1984-2020. Legende: 1= verstedelijkte dorpskern, 2= populierenakker, 3= grote akkerpercelen zonder kleine landschapselementen, 4= horeca in geïsoleerde site, 5= lintbebouwing, 6= recreatieve site met sportcomplex en visvijvers, 7= fietspad op voormalige spoorbedding, 8= overstromingsgebied met ringrijk en ringgracht, 9= wetland, 10= sterk verzande rivierbedding, 11= akkerpercelen in de alluviale vallei, 12= zandwinningsputten, 13= natuurreservaat, 14= alluviale afzettingen, 15= Tertiaire afzettingen, 16= zandige afzettingen, 17= cuestafront

5. DISCUSSIE

Uit dit onderzoek blijkt dat het landschap in de vallei van de Beneden-Durme tussen 1775 en 2021 een ingrijpende evolutie heeft ondergaan. Het grootste aantal veranderingen situeert zich in de periode 1909-2021 met 1984-2000 als meest dynamische periode. Werbrouck (2006) stelde vast dat de landschapsveranderingen in dit gebied steeds sneller toenamen en intensiever werden. De resultaten van dit onderzoek bevestigen dit slechts deels, want de landschapsdynamiek lag tussen 2000 en 2020 lager dan tussen 1984 en 2000, maar nog steeds hoger dan alle perioden voor 1984. Binnen het studiegebied zijn er wel lokale verschillen vastgesteld. De globale trend van een toenemend aantal landschapsveranderingen is namelijk afwezig in twee van de drie deelgebieden. Het belang van de driving forces die aan de meest opvallende veranderingen kunnen gekoppeld worden, zijn ook afhankelijk van het onderzochte schaalniveau. In het hele studiegebied vormt het verzandingsproces een fysiek knelpunt voor de Beneden-Durme. Uit de systeemsynthese blijkt dat economische en technologische driving forces aan de basis liggen van een ontwikkelende scheepvaart die belemmerd werd door natuurlijke en ruimtelijke driving forces zoals verzanding en de ruimtelijke hydrografische setting. Menselijke ingrepen om deze beperkingen tegen te gaan, veroorzaakten een onverwachte feedback loop die het verzandingsproces juist versterkte. De evolutie in het agrarisch landgebruik in het hele studiegebied vertoont ook een duidelijk trend in de onderzochte periode. Economische driving forces liggen aan de basis van een gestage afname van het grasland en de toename van het bosaandeel in de alluviale vallei. Daarnaast zorgden technologische driving forces voor de komst van pompstations die de natte valleibodems geschikt maakten voor akkerbouw, met een piek in het aandeel akkerland in 2000 tot gevolg. De neerwaartse trend van het aandeel grasland in het studiegebied werd doorbroken in de periode 1997-2020 door de inrichting van wetlands in het kader van het Sigmaplan Durmevallei. Het aandeel akkerland en populierenakkers nam door de inrichting van overstromingsgebieden en wetlands af in deze periode. Deze recente evolutie kan gekoppeld worden aan politieke driving forces van de Vlaamse Overheid om rechtstreeks in te grijpen in de natuurontwikkeling van het lokale landschap. Binnen de drie deelgebieden is er een grotere variatie aan relevante driving forces die afhankelijk zijn van de specifieke ruimtelijke context en de aanwezige menselijke elementen. De culturele driving forces - zoals recreatie en toerisme - zijn van groter belang op dit schaalniveau dan in het hele studiegebied, maar ook de sociaaleconomische en politieke groepen van driving forces spelen een grote rol in plaatselijke landschapsveranderingen. Politieke, sociaaleconomische en technologische driving forces die afkomstig zijn van het nationale niveau hadden een groot belang voor het hele studiegebied. Sociaaleconomische driving forces van alle schaalniveaus hadden relevante invloed op het studiegebied. Voor de technologische groep was dat eerder het internationale en nationale niveau en voor de politieke groep het nationale niveau. Bij de culturele en natuurlijk/ruimtelijke groep waren de driving forces afkomstig van het regionale en het lokale niveau het belangrijkste. De onderzochte driving forces konden in sommige gevallen onderling overlappen en van meerdere schaalniveaus afkomstig

zijn. Gedetailleerd onderzoek van de relatieve invloed van individuele driving forces is noodzakelijk om een beter inzicht te krijgen in specifieke landschapsveranderingen.

Omdat het onderzoek naar de driving forces van landschapsveranderingen geen vast framework kent, blijft het een uitdaging om mens-milieu-interacties in landschappen met efficiënte methoden te onderzoeken (Hersperger & Bürgi, 2009; Campbell *et al.*, 2005; Young *et al.*, 2006). Er bestaan verschillende methoden zoals het *Driving Forces, Pressures, State, Impacts, Responses (DPSIR) framework*, dat ontwikkeld werd door het European Environmental Agency (Bürgi *et al.*, 2004). De methode van dit onderzoek is echter gebaseerd op de general system theory zoals gedefinieerd door Bürgi *et al.* (2004). Kwantitatieve veranderingen in het landschap van het studiegebied werden onderzocht door een kaartanalyse uit te voeren en de LCI te berekenen als indicator voor de hoeveelheid en intensiteit van landschapsveranderingen. Deze methode heeft weliswaar beperkingen die toegelicht moeten worden. Ten eerste vormt de beschikbaarheid en de thematische kwaliteit van historische kaarten een beperking voor de temporele resolutie en de kwaliteit van de voorgestelde landschapsinformatie (Vuorela *et al.*, 2002). In dit onderzoek werd het beschikbare bronmateriaal voor de periode 1948-1955 niet mee opgenomen wegens een gebrek aan thematische consistentie tussen de verzamelde bronnen onderling. Uit de resultaten blijkt dat het interval 1909-1969 een belangrijk aantal menselijke ingrepen in het landschap vertoonde. De afwezigheid van een tijdsdoorsnede binnen dit interval 1909-1969 beperkte daardoor de studie van de relevante driving forces. De herfotografie vormde weliswaar een belangrijke aanvulling voor kwalitatieve landschapsinformatie in de tijdsintervallen, maar bleef beperkt tot specifieke clustergebieden in het studiegebied. De LCI vormde een handig hulpmiddel om aan te geven in welke perioden en deelgebieden de driving forces het meest ingrijpend waren, maar tegelijkertijd geeft deze index alleen algemene informatie. Er zouden bijvoorbeeld verschillende indices - zoals de *binary change index* of *Shannon's diversity index* - tegelijkertijd gebruikt kunnen worden om vervolgens de resultaten onderling te vergelijken. Een combinatie van meerdere analysetechnieken tegelijkertijd kan het eenvoudiger maken om de complexe mens-milieu-interacties verder te achterhalen (Campbell *et al.*, 2005; Young *et al.*, 2006). In deze methode werd het landschap gegeneraliseerd naar zeven landgebruikscategorieën, maar dit onderzoek kon ook fijnmaziger uitgevoerd worden door de focus eerder op kleine landschapselementen - zoals hagen, bomenrijen en poelen - te leggen. Hersperger & Bürgi (2009) koppelden bijvoorbeeld relevante driving forces aan de evoluties van kleine landschapselementen. De meest kritische stap in de methode was om potentieel relevante driving forces te koppelen aan de geobserveerde kwantitatieve veranderingen en menselijke ingrepen in het studiegebied. Deze verbanden kunnen in dit onderzoek slechts indicaties vormen. Correlatieanalyses zijn namelijk vereist om causale verbanden aan te kunnen tonen tussen de bepaalde factoren en de geobserveerde landschapsveranderingen. Daarom kunnen de resultaten van dit onderzoek een basis vormen voor een volgende stap in de analyse van de driving forces achter landschapsverandering in de Durmevallei.

Vanwege de grootte van het studiegebied bleef de focus op de kwantitatieve veranderingen beperkt tot de alluviale vallei en drie afgebakende deelgebieden. Hierdoor zijn enkel de meest relevante menselijke

elementen en landschapsdelen voor dit onderzoek mee opgenomen in de methode. Bepaalde randelementen in het studiegebied zijn buiten beschouwing gelaten om de *scope* van het onderzoek niet aan te tasten. Voorbeelden zijn de industrialisering en ruimtelijke ontwikkeling langs de E17 en de evolutie van de Durme in het centrum van Lokeren. Verdere studies kunnen zich bijvoorbeeld ook specifiek richten op de inrichting van de Sigmaplanoverstromingsgebieden, een onderwerp dat hier slechts gedeeltelijk aangehaald wordt. Daarmee samenhangend, vormt de klimaatadaptatie van het lokale landschap een relevant onderwerp voor toekomstige studies aangezien klimaatverandering al reeds een relevante driving force is in het studiegebied.

6. CONCLUSIE

De Durmevallei onderging in de voorbije 200 jaar verschillende menselijke ingrepen die de landschapontwikkeling sterk beïnvloed hebben. Het doel van dit onderzoek was om de specifieke wisselwerking tussen antropogene en natuurlijke factoren te onderzoeken die tot de huidige landschapsevolutie in de vallei van de Beneden-Durme hebben geleid. Hiervoor werd een driedelige standaardprocedure - die gebaseerd is op de *general system theory* - van Bürgi *et al.* (2004) toegepast als onderzoeksmethode. In de eerste stap (systeemdefinitie) werd het studiegebied, de onderzochte tijdsperiode en de relevante landschapselementen gedefinieerd. In de systeemanalyse die de tweede stap vormde, werd er eerst een kaartanalyse uitgevoerd om de evolutie van het landgebruik in de alluviale vallei tussen 1775 en 2020 te bepalen. Daarna werden de perioden met het meeste aantal landschapsveranderingen onderzocht met behulp van de *landscape change index* (LCI). Vervolgens werd een herfotografie uitgevoerd van 27 historische foto's en drie fotoreeksen. Tenslotte werden er 61 potentieel relevante driving forces van landschapsverandering bepaald aan de hand van een literatuurstudie. De systeemsynthese vormde de laatste stap in de onderzoeksmethode. Hierin werden de resultaten van de systeemanalyse samengevoegd om te zoeken naar causale linken tussen menselijke ingrepen en de geobserveerde landschapsevolutie. Op deze manier kon er antwoord gegeven worden op de gestelde onderzoeksvragen.

Eerst en vooral zijn er duidelijke globale trends zichtbaar in het landgebruik van de Beneden-Durmevallei sinds de beginperiode van dit onderzoek, 1775. Grasland - weiden en hooilanden - bleef gedurende de periode 1775-2020 steeds het grootste deel van de totale oppervlakte in de vallei, maar kende wel een gestage daling. Enkel in de periode 1997-2020 steeg het aandeel grasland opnieuw door de inrichting van wetlands. De bosoppervlakte steeg gestaag van 1775 tot 2000, maar kende een grotere toename in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw door de inrichting van percelen met populierenakkers verspreid in de vallei. Hierdoor evolueerde de alluviale vallei van een open meerslandschap naar een meer gesloten landschapskarakter met bospercelen. Ook de oppervlakte aan bebouwing kende een langzame, maar constante stijging in oppervlakte sinds 1775. Het aandeel van de bebouwing in de totale oppervlakte bleef wel sterk beperkt met slechts een beperkte ontwikkeling langsheen dorpskernen aan de rand van de vallei en geïsoleerde sites. De meest opvallende trend in het landgebruik is de sterke afname van het wateroppervlak van de Durme door verzandingsprocessen en rechttrekkingen van de bedding. Tussen 1775 en 1909 bleef deze oppervlakte vrij constant, maar tussen 1909 en 2000 nam de oppervlakte met meer dan de helft af. Het verzandingsproces zorgde tegelijkertijd voor een sterke toename van de oppervlakte aan slikken en schorren, al is deze categorie landgebruik pas vanaf 1968 toegevoegd. Tussen 1997 en 2020 steeg de oppervlakte van de Durme opnieuw licht en daalde het aandeel slikken en schorren door de terugkeer van een beperkt bovendebiet en baggerwerken voor het Sigmoplan. Het aandeel oppervlaktewater steeg tussen 1909 en 2000 sterk door de afsnijding van meanders, de aanleg van visvijvers en zandwinningsputten. Van 1775 tot 1909 en in de periode 1997-2020 bleef deze oppervlakte stabiel, maar in de recente periode is het aandeel

oppervlaktewater wel vier keer zo groot. Het aandeel akkerland in de alluviale vallei bleef vrij constant tussen 1775 en 1969, maar kende een sterke toename en een hoog aandeel oppervlakte in 1997-2000. De aanleg van grote overstromingsgebieden en wetlands vanaf 2014 zorgde tenslotte voor een sterke daling van het aandeel akkerland en populierenakkers.

Uit de berekening van de LCI bleek ook dat de perioden 1909-1969, 1984-2000 en 2000-2020 de meest dynamische perioden in het landschap van de alluviale vallei vormden en 1775-1870 en 1865-1909 de meest stabiele perioden. Het aantal landschapsveranderingen nam volgens de index sterk toe in de periode 1909-2020 met een piek tussen 1984 en 2000. Deze bevindingen volgen ook uit de resultaten van menselijke ingrepen in de hydrografie van de Beneden-Durme. Voor 1931 bleven de meeste ingrepen beperkt tot de aanleg van loskaden, killen en bruggen. Van 1931 tot 1937 volgden enkele grootschalige rechttrekkingen van de Durmebedding en daardoor werden meanders afgesneden en een eiland verwijderd. Om overstromingen tegen te gaan nadien werden er kort nadien potpolders ingericht om overtollig water op te vangen bij stormvloed. In de decennia erna werden de dijken ook hoger en breder gemaakt. Tenslotte werd in 1955 een dam gebouwd in de Durme in Lokeren. Hierdoor werd de Durme opgesplitst in de Beneden-Durme die onder invloed van het getij staat en de Boven-Durme die geen getij meer heeft. Deze ingrepen in de hydrografie veroorzaakten een onverwachte feedbackloop in het verzandingsproces van de Beneden-Durme. Eind 19^{de} eeuw, begin 20^{ste} eeuw ontwikkelde de scheepvaart op de Durme zich steeds verder door het stijgend aantal transportgoederen van de lokale landbouwproductie en lokale industriële centra. Dit stimuleerde de aanleg van loskaden langs de Durme aan dorpskernen en een paar geïsoleerde sites. De aanwezigheid van meanders, eilanden en het verzandingsproces door een gedeeltelijke afsnijding van de bovenloop van de Durme vormden echter sterke beperkingen voor de scheepvaart tussen Tielrode en Lokeren. Vanaf de jaren 1930 volgden grootschalige menselijke ingrepen in de hydrografie om de verzanding tegen te gaan en de beperkingen voor de scheepvaart te verwijderen. Deze ingrepen versterkten echter het verzandingsproces nog meer, waardoor de bedding ongeschikt werd voor scheepvaart tot in Lokeren en het overstromingsrisico in het hele gebied toenam. Na een totale afsnijding van het bovendebiet door de aanleg van de dam, nam de verzanding over de hele rivierbedding sterk toe. Enkel recreatieve scheepvaart werd nog mogelijk tot de haven van Waasmunster en er volgden geregeld baggerwerken om de verzanding tijdelijk tegen te gaan. De aanleg van pompstations in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw - om de afwatering van beken in de vallei naar de Durme te garanderen - zorgde ervoor dat de valleibodems droger werden. Hierdoor werd akkerbouw mogelijk in de alluviale vallei, met een grote toename van het akkerland rond 2000 tot gevolg. In de periode 1997-2020 werden er steeds meer natuureservaten ingericht en sinds 2014 werden er voor het Sigmaplan wetlands en overstromingsgebieden aangelegd die delen van het valleilandschap terug een open karakter gaven. Door deze processen onderging het landschap in het studiegebied in de perioden 1909-1969, 1984-2000 en 2000-2020 het grootste aantal veranderingen.

De voornaamste driving forces achter deze processen zijn economische en technologische driving forces. Deze liggen aan de basis van de ontwikkelende scheepvaart die belemmerd werd door natuurlijke en ruimtelijke driving forces zoals verzanding en de ruimtelijke hydrografische setting. Economische en technologische driving forces zaten ook achter de evolutie van het agrarische landgebruik van een open meersgebied in de alluviale vallei naar een multifunctioneel landgebruik en een gesloten tot halfopen karakter. De grootschalige menselijke ingrepen in de hydrografie en de uitvoering van het Sigmaplan Durmevallei kunnen gekoppeld worden aan politieke driving forces. Culturele driving forces spelen een rol in de ontwikkeling van bepaalde recreatieve, toeristische sites en kleine natuurresevaten, maar zijn van minder groot belang voor het hele studiegebied.

Om een landschap duurzaam te kunnen beheren en in te richten, is het cruciaal om eerst de mechanismen achter lokale landschapsverandering te kennen. Om zo goed mogelijk om te gaan met de huidige fysieke knelpunten van de Beneden-Durme, zijn er de voorbije decennia veel projecten uitgevoerd die gericht zijn op veiligheid en natuurontwikkeling. Het succes van deze projecten is echter afhankelijk van de kennis over de oorzaak-gevolgrelaties die tot die fysieke knelpunten hebben geleid. Dit onderzoek vormt daarom een bijdrage aan de literatuur over de landschapsevoluties van de Beneden-Durmevallei door causale linken te leggen tussen de voornaamste antropogene en fysische factoren van landschapsverandering in de voorbije 200 jaar.

7. REFERENTIES

7.1 Boeken en artikels

- Afflek, A. (2013). Georeferencing of Historical Maps Using GIS, as Exemplified by Austrian Military Surveys of Galicia. *Geographia Polonica*, 86, 375-390.
- Antrop, M. (1997). The Concept of Traditional Landscapes as a Base for Landscape Evaluation and Planning. The Example of Flanders Region. *Landscape and Urban Planning*, 38, 105-117.
- Antrop, M. (1998). Landscape Change: Plan or Chaos? *Landscape and Urban Planning*, 38, 105-117.
- Antrop, M. (2004). Landscape Change and the Urbanization Process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67, 9-26.
- Antrop, M. (2006). Sustainable Landscapes: Contradiction, Fiction or Utopia? *Landscape and Urban Planning*, 75, 187-197.
- Antrop, M. (2007). *Perspectieven op het Landschap*. Gent: Academia Press.
- Antrop, M., & Van Eetvelde, V. (2008). Mechanisms in Recent Landscape Transformation. *WIT Transactions on the Built Environment*, 100, 183-192.
- Antrop, M., & Van Eetvelde, V. (2017). Landscape Dynamics and Evolution. In *Landscape Perspectives*. Dordrecht: Springer, pp. 141-176.
- Békési, S., & Winiwarter, V. (1997). *Projektbereich Ansichtskarten*. Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universitäten Innsbruck, Klagenfurt, Wien.
- Birks, H. H., Birks, H. J., Kaland, P. E., & Moe, D. (1988). *The Cultural Landscape - Past, Present and Future*. Cambridge University Press.
- Blaikie, P. (1985). *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. London: Longman.
- Brandt, J., Primdahl, J., & Reenberg, A. (1999). Rural Land-Use and Dynamic Forces - Analysis of 'Driving Forces' in Space and Time. In R. Krönert, J. Baudry, I. R. Bowler, & A. Reenberg, *Land-Use Changes and their Environmental Impact in Rural Areas in Europe* (pp. 81-102). UNESCO.
- Buggenhout, P. (2005). De Koolputten. Beschrijving van de Site. *Heemkundige Kring Braem vzw Elversele*, 20-32.
- Bürgi, M., & Russell, E. W. (2001). Integrative Methods to Study Landscape Changes. *Land Use Policy*, 18, 9-16.
- Bürgi, M., Hersperger, A. M., & Schneeberger, N. (2004). Driving Forces of Landscape Change - Current and New Directions. *Landscape Ecology*, 19, 857-868.
- Campbell, D. J., Lusch, D. P., Smucker, T. A., & Wangui, E. E. (2005). Multiple Methods in the Study of Driving Forces of Land Use and Land Cover Change: a Case Study of SE Kaijado District, Kenya. *Human Ecology*, 33, 763-793.
- Clark, J., Darlington, J., & Fairclough, G. (2003). *Pathways to Europe Landscape*. European Pathways to Cultural Landscape (EPCL).
- Dale, V. H., O'Neill, R. V., Pedlowski, M., & Southworth, F. (1993). Causes and Effects of Land-Use Change in Central Rondonia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59, 997-1005.
- Damian, Ł. (2008). Land Use Changes in Poland During Transformation: Case Study of Wielkopolska Region. *Landscape and Urban Planning*, 87 (4), 279-288.

- Dauwe, W. (2001). *Actualisatie van het Sigmoidplan*. Vlaams Instituut voor de Zee, Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout.
- De Beleyr, J. P., & Ruelens, C. (1987). Het Landschap te Sombeke Vroeger en Nu. Van Zandleemstreek tot Uitenwaard en Waterland Sombeke als Kleien Dorpsgemeenschap. *S.l.*
- De Looze, H. (2002). Veren, Ponten en Bruggen over de Durme. In A. Van Bossche, & H. De Looze, *De Durme van Bron tot Monding, Geschiedenis van een Rivier*. Hamme: Heem- en Geschiedkundige Kring Osschaert, pp. 25-47.
- De Vos, A. (1958). De Middeleeuwse Loop van de Durme en haar Bijrivier de Poeke. *Oost-Vlaams Verbond van de Kringen voor Geschiedenis*, 23, 17.
- Doesselaere, T. (2013). *De Verzanding van de Durme: Afgezette Volumes Verklaard aan de Hand van Heersende Hydrogeomorfologische Processen*. Onuitgegeven Scriptie Universiteit Gent, faculteit wetenschappen, geografie.
- Durinck, P. (1978). *Afsluiting van de Durme: Winst of Verlies?* Onuitgegeven proefschrift HoGent, 118.
- European Landscape Convention (2000). Council of Europe, European Treaty Series Nr. 176, ETS 176. European Landscape Convention, 20.X.2000 Florence.
- Fairclough, G., Lambrick, G., & Hopkins, D. (2002). Historic Landscape Characterisation in England and a Hampshire Case Study. *Europe's Cultural Landscape: Archaeologists and the Management of Change*, 69-83.
- Fairclough, G., Rippon, S., & Bull, D. (2002). *Europe's Cultural Landscape: Archaeologists and the Management of Change*. Brussel: Europae Archaeologiae Consilium.
- Hersperger, A.M., Bürgi, M. (2007) Driving forces of landscape change in the urbanizing Limmat Valley, Switzerland. In *Modelling Land-Use Change*; Dordrecht: Springer: pp. 45–60.
- Hersperger, A.M.; Bürgi, M. (2009) Going beyond landscape change description: Quantifying the importance of driving forces of landscape change in a Central Europe case study. *Land Use Policy*, 26, 640-648.
- Hilary, H., Birks, H. J., Peter, E. K., & Dagfinn, M. (1988). *The Cultural Landscape: Past, Present and Future*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jakulski, M., Lukasiewicz, D., & Nalej, M. (2013). Comparison of Methods for Historical Map Transformation. *Geomatics*, 11, 41-57.
- Meyer, W. B., & Turner II, B. L. (1994). *Changes in Land Use and Land Cover: a Global Perspective*. Cambridge: University Press.
- Mys, M., & Vlassenbroeck, W. (1979). Rivierlandschappen bij Hamme. *De Aardrijkskunde*, 3, 303-318.
- Mys, M., Gullentrops, R., Janssens, R., Wuytack, M. J., & Stinissen, H. (1983). De Holocene Evolutie van de Alluviale Vlake van de Beneden-Schelde. *Tijdschrift van de Belgische Vereniging voor Aardrijkskundige Studies (BEVAS)*.
- Nagels, A., Schneiders, A., Weiss, L., & Wils, C. (1993). *Onderzoek naar de Verspreiding en de Typologie van Ecologisch Waardevolle Waterlopen in het Vlaamse Gewest, Beneden Schelde*. Studie in Opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Bestuur Algemeen Milieubeleid, Dienst Water en Bodem, uitgevoerd door de UIA.
- Nassauer, J. I. (1995). Culture and Changing Landscape Structure. *Landscape Ecology*, 10, 229-237.
- Pedroli, B. (2000). *Landscape - our Home. Lebensraum Landschaft. Essays on the Culture of the European Landscape as a Task*. Stuttgart: Freies Geistesleben - Zeist: Indigo.

- Pee, J., Bras, J. L., & Annemans, E. (1998). *Beleidsplan Durme*. Dendermonde: Rapport Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, AWZ-afdeling Zeeschelde.
- Peeters, P. (2006). *Duurzame Inrichting Durmevallei*. Synthesenota Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Technisch Ondersteunende Diensten Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout.
- Russel, E. W. (1983). Indian-Set Fires in the Forests of the Northeastern United States. *Ecology*, 64, 78-88.
- Russell, E. W. (1997). *People and the Land Through Time. Linking Ecology and History*. New Haven: Yale University Press.
- Selman, P. H. (2012). *Sustainable Landscape Planning: The Reconnection Agenda*. Milton Park: Routledge.
- Stanners, D. A., & Bourdeau, P. (1995). *Europe's environment. The Dobříš Assessment*. European Environment Agency.
- Taverniers, E. (1979). *De afsluiting van de Durme. Afdamming? Stormvloedkering? "Open" Durme!* Antwerpen: Ministerie van Openbare Werken. Dienst der Zeeschelde.
- Thoen, E. (1996). Cartografie en Historisch Onderzoek. In *Hoe Schrijf Ik de Geschiedenis van Mijn Gemeente? Deel 3b Hulpwetenschappen*. Gent: Centrum voor Geschiedenis Universiteit Gent, pp. 131-185.
- Uyttenhove, P. (2006). Herfotografie en Transformatie, of het Ongeschreven Scenario van het Landschap. In P. Uyttenhove, D. Vanbelleghem, I. Van Bouwel, B. Notteboom, R. Debergh, & B. Willequet, *Recollecting Landscapes: Herfotografie, Geheugen en Transformatie 1904-1980-2004 / Gent*. Gent: A&S Books, pp. 11-21.
- Uyttenhove, P., Vanbelleghem, D., Van Bouwel, I., Notteboom, B., Debergh, R., & Willequet, B. (2006). *Recollecting Landscapes*. Gent: A&S Books.
- Van Eetvelde, V. (1995). *De Moervaartdepressie: Een Landschaps-Genetische en Beleids-Geografische Benadering op Mesoniveau*. Onuitgegeven Scriptie Universiteit Gent, faculteit wetenschappen, geografie.
- Van Eetvelde, V., & Käyhkö, N. (2009). The Application of Quantitative Techniques for Assessing Spatio-Temporal Patterns of Landscape Changes. In *European Landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management, Proceedings* (pp. 379-382). Salzbrug: Presented at the European IALE Conference.
- Van Garsse, R. (1990). Om en Rond de Durme te Hamme III. *Osschaert, Driemaandelijks Tijdschrift voor Geschiedenis en Heemkunde*, 3.
- Van Ryckegem, G., Mertens, W., Piesschaert, F., & Van den Bergh, E. (2006). *Ecosysteemvisie voor de Vallei van de Tijegebonden Durme*. Brussel: Rapport Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2006.44).
- Van Uytfanghe, M. (1979). *De Durme Vroeger en Nu, of de Teloorgang van een Welvaarts- en Probleemrivier*. Zele: Overdruk uit Jaarboek 1978-1979 Heem- en Oudheidkundige Kring.
- Vermeersch, S., Vandenbussche, V., Van den Bergh, E., & Decler, K. (2003). *Verkennde Ecologische Gebiedsvisie voor de Tijegebonden Durme*. Brussel: Instituut voor Natuurbehoud.
- Verstegen, V. (1969). De Durme: Historische schets. In V. Verstegen, G. Vogelaere, & B. Alois, *Durme en Durmeboorden* (p. 25). Lokeren: V.V.V. cultuurgemeenschap vzw.

Verstraeten, A. (2017). *De Durme van Tielt tot Tielrode. De Meest Gevarieerde Vlaamse Rivier?* Lokeren: Durme vzw.

Werbrouck, I. (2006). *Recente Evolutie van het Durmelandschap sinds het Begin van de Twintigste Eeuw aan de Hand van Interviews, Iconografie, Kaarten en Literatuur*. Onuitgegeven Scriptie Universiteit Gent, faculteit wetenschappen, geografie.

Woodward, A. J., Fuhlendorf, S. D., Leslie, D. M., & Shackford, J. (2001). Influence of Landscape Composition and Change on Lesser Prairie-Chicken (*Tympanuchus pallidicinctus*) Populations. *The American Midland Naturalist*, 145 (2), 261-274.

Wu, J. G. (2013). Landscape Sustainability Science: Ecosystem Services and Human Well-Being in Changing Landscapes. *Landscape Ecology*, 28, 999-1023.

Young, O. R., Lambin, E. F., Alcock, F., Haberl, H., Karlsson, S. I., McConnel, W. J., Verbrug, P. H. (2006). A Portfolio Approach to Analysing Complex Human-Environment Interactions: Institutions and Landchange. *Ecology and Society*, 11 (2), 31

7.2 Internetbronnen

Agentschap Onroerend Erfgoed. (2020, 30 maart). *Oude Durmearm en Sombeke*. Opgehaald van Inventaris Onroerend Erfgoed: <https://inventaris.onroerenderfgoed.be/erfgoedobjecten/135198>

De Keyzer, R. (2021, 18 april). *Heemkundige Tielrode*. Opgehaald van Facebook: <https://www.facebook.com/HeemkundeTielrode>

De Vlaamse Waterweg nv; Natuur en Bos. (2020, 15 mei). *Durmevallei*. Opgehaald van Sigmaplan: <https://www.sigmaplan.be/nl/projecten/durmevallei/>

De Vlaamse Waterweg nv; Natuur en Bos. (2021, 14 mei). *Groot Broek en Klein Broek*. Opgehaald van Sigmaplan: <https://www.sigmaplan.be/nl/projecten/durmevallei/deelprojecten/groot-broek-en-klein-broek/>

Erfgoedbank Waasland. (2020, 19 december). Opgehaald van Erfgoedcel Waasland: <https://www.erfgoedcelwaasland.be/erfgoedbank-2/>

Ge Zijt van Waasmunster (Vasmusteren). (2021, 18 april). Opgehaald van Facebook: <https://www.facebook.com/groups/628962460491328>

Je Bent van Hamme Als Je. (2020, 15 december) *Je Bent van Hamme Als Je*. Opgehaald van Facebook: <https://www.facebook.com/groups/481793225276358>

MOW-HIC. (2020, 8 april). *MOW-HIC | Waasmunster Brug Tij / Durme (dur04a-1066)*. Opgehaald van Waterinfo: <https://www.waterinfo.be/station/04dur04a-1066>

N.N. (2020, 19 december). Opgehaald van <https://www.sireentje.be/>

N.N. (2020, 18 december). Opgehaald van Delcampe: <https://www.delcampe.net/nl/verzamelingen/>

Oude Foto's van Lokeren en Omstreken. (2020, 18 december). Opgehaald van Facebook: <https://www.facebook.com/groups/483070595206557>

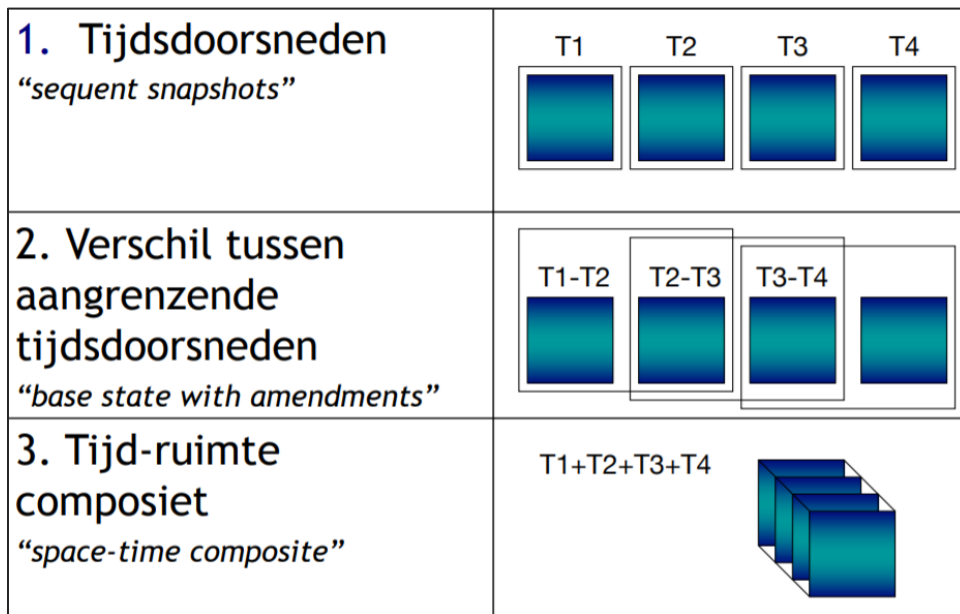
Recollecting Landscapes 1904-1980-2004-2014. (2021, 3 mei). Opgehaald van Recollecting Landscapes: <http://www.recollectinglandscapes.be/>

Van Driessche, T. (2021, 17 mei). *Oude Durme*. Opgehaald van Inventaris Onroerend Erfgoed: <https://inventaris.onroerenderfgoed.be/erfgoedobjecten/135198>

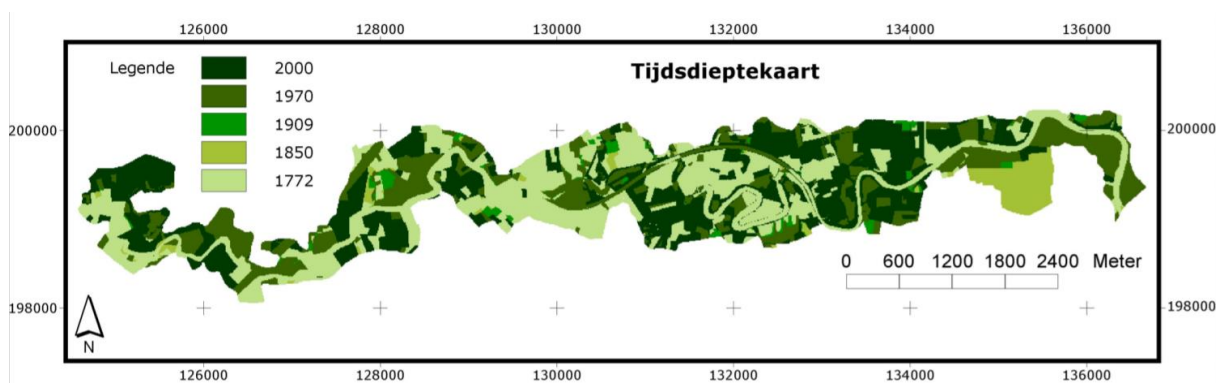
8. APPENDIX

8.1 Appendix 1: figuren uit de methode

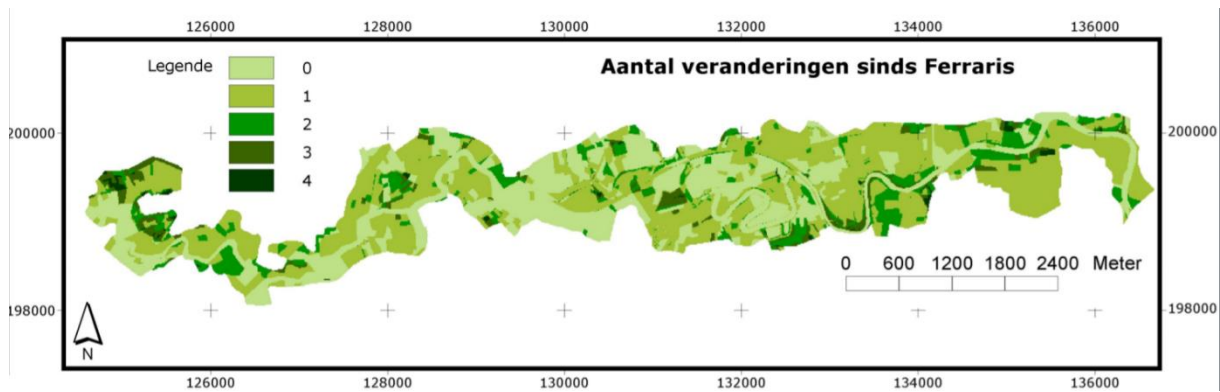
Appendix 1.1: Drie soorten *space-time models* om landschapsveranderingen doorheen de tijd te analyseren (Van Eetvelde & Käyhkö, 2009; Lagran, 1993).



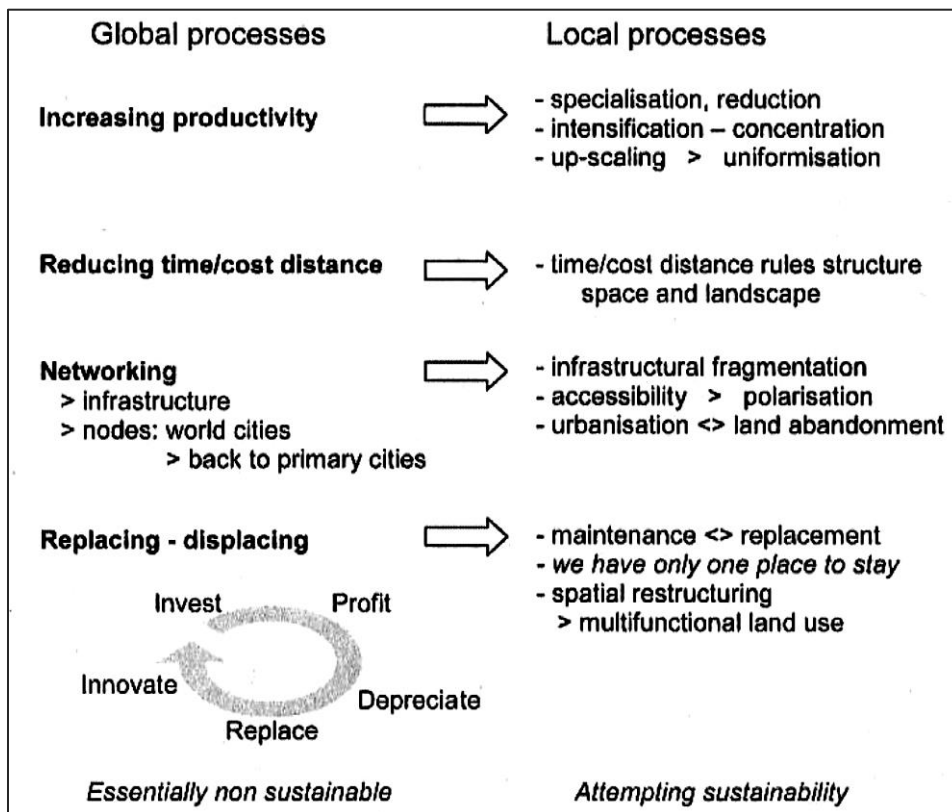
Appendix 1.2: Tijdsdieptekaart van de alluviale vallei van de Beneden-Durme (Werbrouck, 2006).



Appendix 1.3: Kaart van het aantal veranderingen sinds de Ferrariskaart (Werbrouck, 2006).

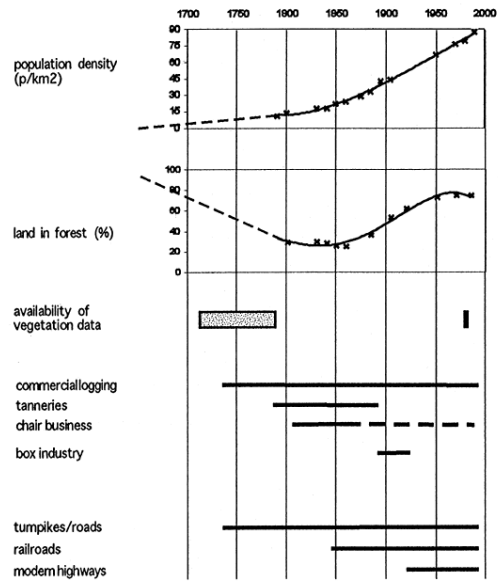


Appendix 1.4: Voorbeelden van globale processen en de lokale mechanismen die ze veroorzaken (Antrop & Van Eetvelde, 2008).

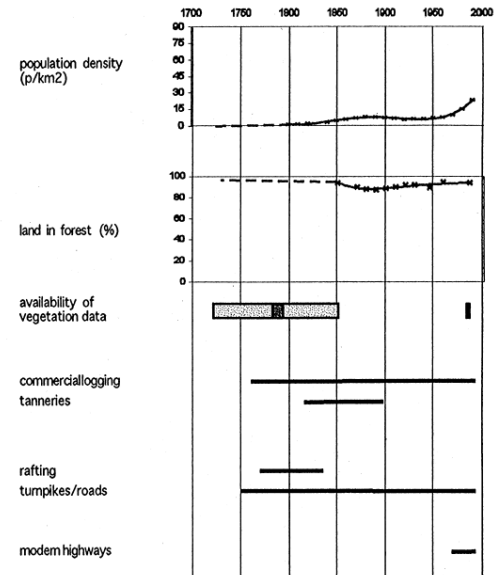


Appendix 1.5: Historisch overzicht van menselijke activiteiten met impact op het boslandschap (Bürgi & Russel, 2001).

Central Massachusetts



Pike County



8.2 Appendix 2: berekeningen en resultaten LCI

Appendix 2.1: Berekening van de LCI in verschillende stappen: absolute oppervlakte per categorie, relatieve oppervlakte en procentueel verschil.

	Absolute opp (km ²)							Relatieve opp							procentueel verschil						
	1775	1865(70)	1909	1969	1984	2000	2016(20)	1775 (%)	1865(70)(%)	1909(%)	1969(%)	1984(%)	2000(%)	2016(20)(%)	1775-1865	1865-1909	1909-1969	1969-1984	1984-2000	2000-2020	
Grasland	8,241	8,022	7,951	7,078	6,418	3,866	4,371	68,24	65,28	64,76	57,59	52,26	31,48	35,59	-2,96	-0,52	-7,17	-5,32	-20,79	4,11	
Akkerland	1,68	1,792	1,686	1,516	1,133	2,401	0,973	13,91	14,58	13,73	12,33	9,23	19,55	7,92	0,67	-0,85	-1,40	-3,11	10,32	-11,63	
Durme	1,514	1,574	1,437	1,014	0,584	0,614	0,673	12,54	12,81	11,70	8,25	4,76	5,00	5,48	0,27	-1,10	-3,45	-3,49	0,24	0,48	
Oppervlaktewater	0,067	0,381	0,324	0,632	1,145	1,688	1,611	0,55	3,10	2,64	5,14	9,32	13,74	13,12	2,55	-0,46	2,50	4,18	4,42	-0,63	
Bebouwing	0,231	0,189	0,249	0,326	0,488	0,627	0,768	1,91	1,54	2,03	2,65	3,97	5,11	6,25	-0,37	0,49	0,62	1,32	1,13	1,15	
Bos (totaal)	0,344	0,331	0,631	1,126	1,416	1,961	1,579	2,85	2,69	5,14	9,16	11,53	15,97	12,86	-0,15	2,45	4,02	2,37	4,44	-3,11	
Bos Populierenakker	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,517	0,551	1,097	0,653	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,21	4,49	8,93	5,32	n.v.t.	n.v.t.					
Slikken & Schorren	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,599	1,096	1,125	1,053	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,87	8,93	9,16	8,57	n.v.t.	n.v.t.	4,87	4,05	0,23	-0,59	
Overstromingsgebied	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,254	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	10,21	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	10,21	
	12,077	12,289	12,278	12,291	12,28	12,282	12,282														
															LCI	3,49	2,94	12,02	11,93	20,79	17,65

Appendix 2.2: Berekening van de LCI voor deelgebied I

	Absolute opp (km ²)						Relatieve opp						procentueel verschil								
	1775	1869(70)	1909	1968(69)	1984	1997(2000)	2016(20)	1775 (%)	1865(70)(%)	1909(%)	1969(%)	1984(%)	2000(%)	2016(20)(%)	1775-1865	1865-1909	1909-1969	1969-1984	1984-2000	2000-2020	
Grasland	0,942	0,977	0,961	0,761	0,619	0,204	0,069	69,57163959	72,20990392	69,58726	55,87371512	45,7164	15,06647	5,0884956	2,64	-2,62	-13,71	-10,16	-30,65	-9,98	
Akkerland	0,204	0,152	0,112	0,181	0,214	0,431	0	15,06646972	11,23429416	8,110065	13,28928047	15,80502	31,83161	0	-3,83	-3,12	5,18	2,52	16,03	-31,83	
Durme	0,146	0,163	0,147	0,114	0,088	0,093	0,107	10,78286558	12,04730229	10,64446	8,370044053	6,499261	6,868538	7,8908555	1,26	-1,40	-2,27	-1,87	0,37	1,02	
Oppervlaktewater	0	0,012	0,03	0,01	0,016	0,044	0,092	0	0,88691796	2,172339	0,734214391	1,181684	3,249631	6,7846608	0,89	1,29	-1,44	0,45	2,07	3,54	
Bebouwing	0,048	0,038	0,065	0,11	0,162	0,182	0,268	3,545051699	2,80857354	4,706734	8,076358297	11,96455	13,44165	19,764012	-0,74	1,90	3,37	3,89	1,48	6,32	
Bos (overig)	0,014	0,011	0,066	0,054	0,081	0,166	0,098	1,033973412	0,81300813	4,779146	3,964757709	5,982275	12,25997	7,2271386	-0,22	3,97	-0,81	2,02	6,28	-5,03	
Bos Populierenakker	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,072	0,099	0,142	0,02	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	5,286343612	7,311669	10,48744	1,4749263	n.v.t.	n.v.t.	5,29	2,03	3,18	-9,01	
Slikken & Schorren	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,06	0,075	0,092	0,089	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,405286344	5,539143	6,794682	6,5634218	n.v.t.	n.v.t.	4,41	1,13	1,26	-0,23	
Overstromingsgebied	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,613	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	45,20649	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	45,21	
Totaal	1,354	1,353	1,381	1,362	1,354	1,354	1,356														
Opp deelgebied	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354	1,354								LCI	4,79	7,15	17,43	12,03	30,65	56,09

Appendix 2.3: Berekening van de LCI voor deelgebied II

	Absolute opp (km²)							Relatieve opp							procentueel verschil						
	1775	1869(70)	1909	1968(69)	1984	1997(2000)	2016(20)	1775 (%)	1865(70)(%)	1909(%)	1969(%)	1984(%)	2000(%)	2016(20)(%)	1775-1865	1865-1909	1909-1969	1969-1984	1984-2000	2000-2020	
Grasland	1,957	1,991	1,941	1,552	1,618	1,091	1,313	73,90483384	75,10373444	73,27293	58,65457294	61,1258	41,20091	49,603325	1,20	-1,83	-14,62	2,47	-19,92	8,40	
Akkerland	0,102	0,1	0,154	0,387	0,262	0,611	0,423	3,851963746	3,772161449	5,813515	14,62585034	9,897998	23,07402	15,980355	-0,08	2,04	8,81	-4,73	13,18	-7,09	
Durme	0,5	0,487	0,456	0,253	0,173	0,148	0,159	18,88217523	18,37042625	17,21404	9,561602419	6,535701	5,589124	6,0068002	-0,51	-1,16	-7,65	-3,03	-0,95	0,42	
Oppervlaktewater	0,038	0,034	0,031	0,241	0,238	0,269	0,262	1,435045317	1,282534892	1,170253	9,10808768	8,991311	10,15861	9,8979977	-0,15	-0,11	7,94	-0,12	1,17	-0,26	
Bebouwing	0,037	0,039	0,046	0,073	0,087	0,094	0,105	1,397280967	1,471142965	1,736504	2,75888133	3,28674	3,549849	3,9667548	0,07	0,27	1,02	0,53	0,26	0,42	
Bos (overig)	0,014	0	0,021	0,007	0,03	0,151	0,141	0,528700906	0	0,792752	0,264550265	1,133359	5,702417	5,326785	-0,53	0,79	-0,53	0,87	4,57	-0,38	
Bos Populierenakker	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,097	0,122	0,124	0,081	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	3,665910809	4,608991	4,682779	3,060068	n.v.t.	n.v.t.		3,67	0,94	0,07	-1,62
Slikken & Schorren	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,036	0,117	0,16	0,163	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,360544218	4,420098	6,042296	6,1579146	n.v.t.	n.v.t.		1,36	3,06	1,62	0,12
Overstromingsgebied	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0
Totaal	2,648	2,651	2,649	2,646	2,647	2,648	2,647														
Opp deelgebied	2,648	2,648	2,648	2,648	2,648	2,648	2,648								LCI	1,27	3,10	22,27	7,87	20,87	9,35

Appendix 2.4: Berekening van de LCI voor deelgebied III

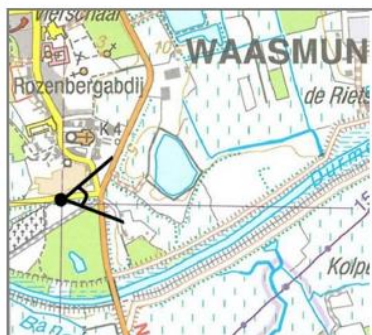
	Absolute opp (km²)							Relatieve opp							procentueel verschil						
	1775	1869(70)	1909	1968(69)	1984	1997(2000)	2016(20)	1775 (%)	1865(70)(%)	1909(%)	1969(%)	1984(%)	2000(%)	2016(20)(%)	1775-1865	1865-1909	1909-1969	1969-1984	1984-2000	2000-2020	
Grasland	1,62	1,697	1,74	1,618	1,275	0,663	1,073	73,7033667	77,17144156	79,16288	73,64588075	58,00728	30,16379	48,839326	3,47	1,99	-5,52	-15,64	-27,84	18,68	
Akkerland	0,179	0,113	0,114	0,143	0,105	0,71	0,287	8,143767061	5,138699409	5,186533	6,50887574	4,77707	32,30209	13,063268	-3,01	0,05	1,32	-1,73	27,53	-19,24	
Durme	0,279	0,278	0,251	0,201	0,039	0,056	0,05	12,6933576	12,64211005	11,41947	9,148839326	1,77434	2,547771	2,2758307	-0,05	-1,22	-2,27	-7,37	0,77	-0,27	
Oppervlaktewater	0,008	0,012	0,01	0,019	0,182	0,186	0,183	0,363967243	0,545702592	0,454959	0,864815658	8,280255	8,462238	8,3295403	0,18	-0,09	0,41	7,42	0,18	-0,13	
Bebouwing	0,012	0,023	0,028	0,017	0,106	0,104	0,108	0,545950864	1,045929968	1,273885	0,773782431	4,822566	4,731574	4,9157943	0,50	0,23	-0,50	4,05	-0,09	0,18	
Bos (overig)	0,1	0,076	0,055	0,14	0,22	0,175	0,215	4,549590537	3,456116417	2,502275	6,372325899	10,0091	7,961783	9,7860719	-1,09	-0,95	3,87	3,64	-2,05	1,82	
Bos Populierenakker	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,013	0,042	0,098	0,085	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,591715976	1,910828	4,458599	3,8689122	n.v.t.	n.v.t.		0,59	1,32	2,55	-0,59
Slikken & Schorren	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,046	0,229	0,206	0,196	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	2,093764224	10,41856	9,372157	8,9212563	n.v.t.	n.v.t.		2,09	8,32	-1,05	-0,45
Overstromingsgebied	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0
Totaal	2,198	2,199	2,198	2,197	2,198	2,198	2,197														
Opp deelgebied	2,198	2,198	2,198	2,198	2,198	2,198	2,198								LCI	4,15	2,27	8,29	24,74	31,03	20,68

8.3 Appendix 3: Fotokoppels

Appendix 3.1: Fotokoppel 7



WAESMUNSTER.-Brug over de Durme - Pont sur la Durme.



Opmemoment

Foto links: **1918-1931**

Foto rechts: **15 mei 2021**

Locatie: Pontravelaan Waasmunster

Nr. 7

Appendix 3.2: Fotokoppel 2



Opmamemoment

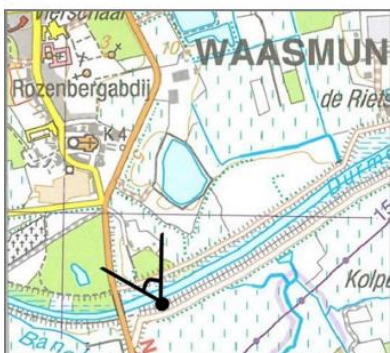
Foto links: **1931-1937**

Foto rechts: **15 mei 2021**

Locatie: Durmebrug Waasmunster

Nr. 2

Appendix 3.3: Fotokoppel 1



Opnamemoment

Foto links: **1968-2000**

Foto rechts: **15 mei 2021**

Locatie: Jachthaven Waasmunster

Nr. 1

Appendix 3.4: Fotokoppel 5



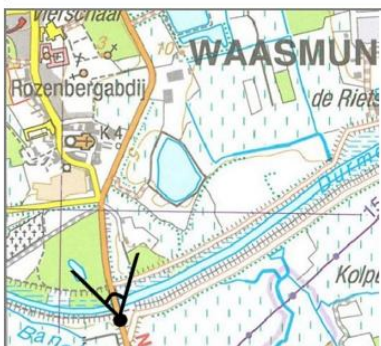
Opnamemoment

Foto links: **1970** Foto rechts: **15 mei 2021**

Locatie: Dam Waasmunster

Nr. 5

Appendix 3.5: Fotokoppel 3



Opsnamemoment

Foto links: **1931-1937**

Foto rechts: **15 mei 2021**

Locatie: Durmebrug Waasmunster

Nr. 3

Appendix 3.6: Fotokoppel 20



Opmemoment

Foto links: einde 19e eeuw – 1918

Foto rechts: 9 mei 2021

Locatie: Groot Broek Sombeke

Nr. 20

Appendix 3.7: Fotokoppel 13



Opnamemoment

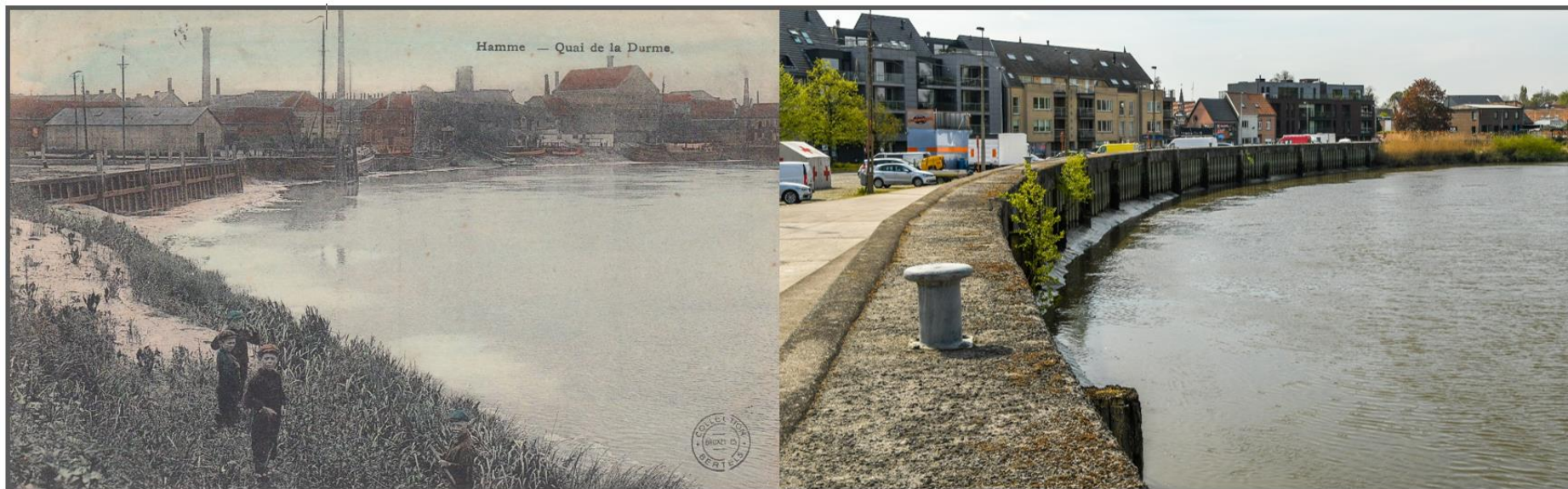
Foto links: jaren '70

Foto rechts: 3 mei 2021

Locatie: Kaaiplein Hamme

Nr. 13

Appendix 3.8: Fotokoppel 11



Opnamemoment

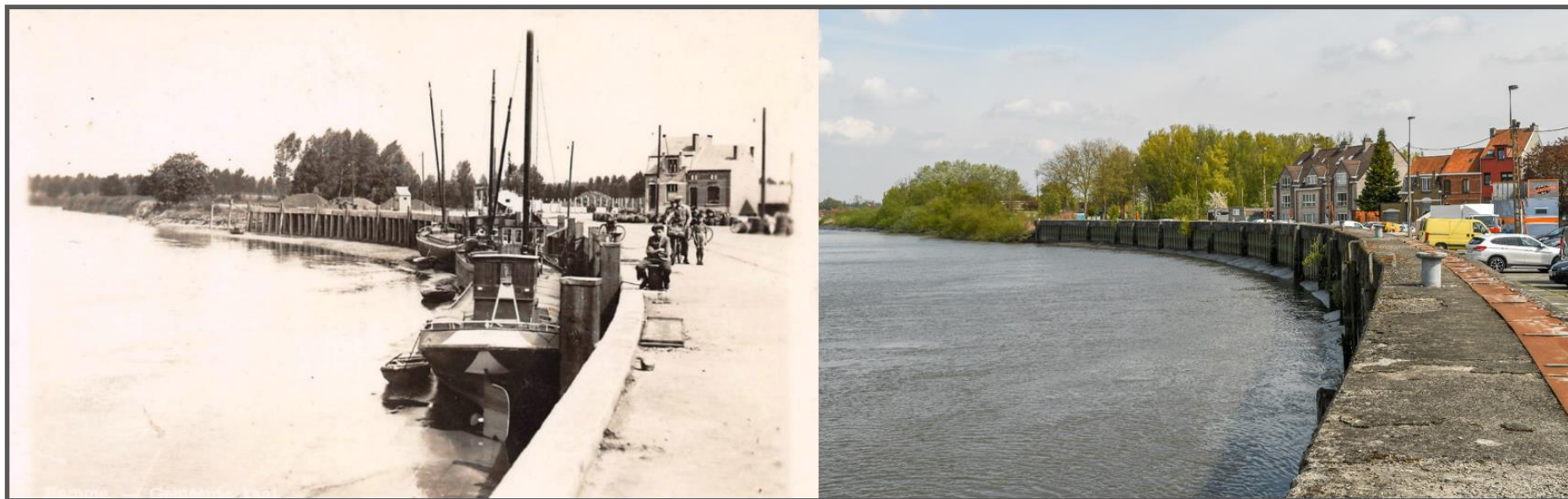
Foto links: **einde 19e eeuw – 1918**

Foto rechts: **3 mei 2021**

Locatie: Kaaiplein Hamme

Nr. 11

Appendix 3.9: Fotokoppel 10



Opnamemoment

Foto links: **1918 – 1945**

Foto rechts: **3 mei 2021**

Locatie: Kaaiplein Hamme

Nr. 10

Appendix 3.10: Fotokoppel 14



Opnamemoment

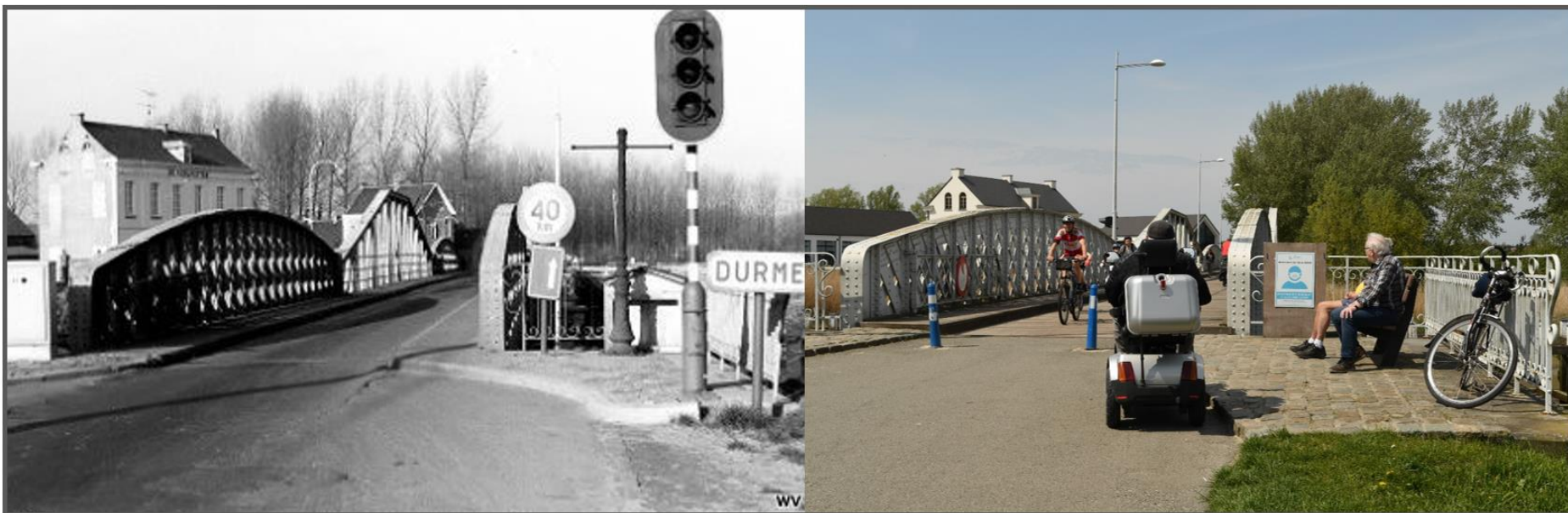
Foto links: **einde 19e eeuw – 1918**

Foto rechts: **9 mei 2021**

Locatie: Mirabrug Hamme

Nr. 14

Appendix 3.11: Fotokoppel 17



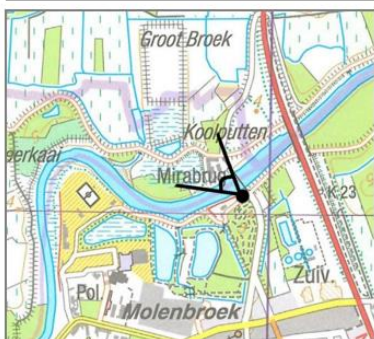
Opnamemoment

Foto links: 1972	Foto rechts: 9 mei 2021
-------------------------	--------------------------------

Locatie: Mirabrug Hamme

Nr. 17

Appendix 3.12: Fotokoppel 16



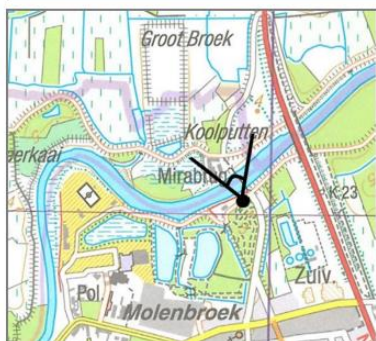
Opnamemoment

Foto links: **einde 19e eeuw – 1918** Foto rechts: **9 mei 2021**

Locatie: Mirabrug Hamme

Nr. 16

Appendix 3.13: Fotokoppel 15



Opmamement

Foto links: **1918-1945**

Foto rechts: **9 mei 2021**

Locatie: Mirabrug Hamme

Nr. 15

Appendix 3.14: Fotokoppel 22



Opsnamemoment

Foto links: 1968-2000

Foto rechts: 15 mei 2021

Locatie: Veer Hamme-Tielrode

Nr. 22

Appendix 3.15: Fotokoppel 23



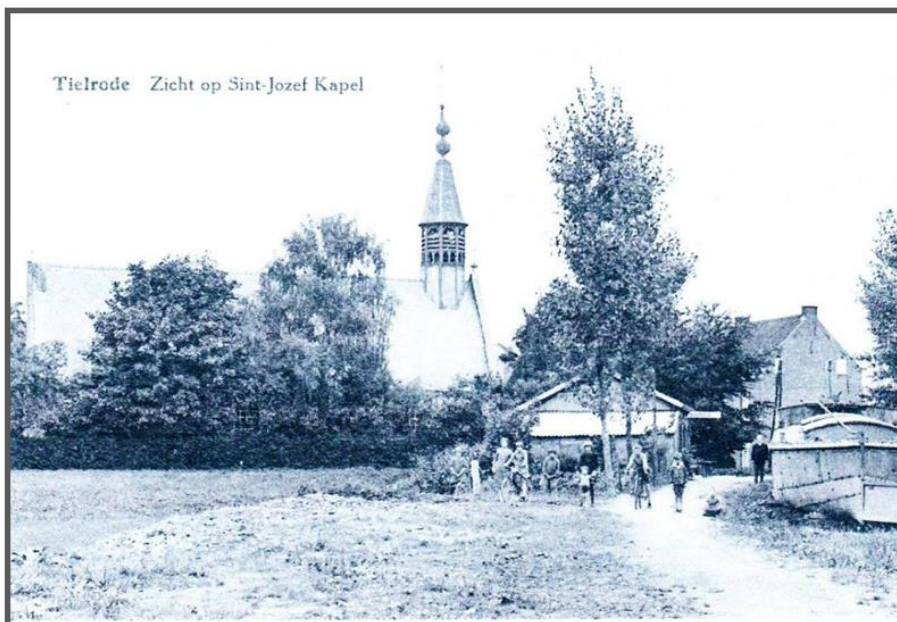
Opnamemoment

Foto links: 1945-1968	Foto rechts: 15 mei 2021
------------------------------	---------------------------------

Locatie: Veer Hamme-Tielrode

Nr. 23

Appendix 3.16: Fotokoppel 24



Opmemoment

Foto links: 1920

Foto rechts: 15 mei 2021

Locatie: Veer Hamme-Tielrode

Nr. 24

8.4 Appendix 4: foto's en figuren uit de systeemsynthese

Appendix 4.1: Plaatsnamen die verwijzen naar loskaden in de omgeving van het studiegebied (Verstraeten, 2017).



Appendix 4.2: Aanslibbing aan de kaaimuur in Hamme. Periode foto: 1918-1945 (Bron: onbekend)



Appendix 4.3: Baggeren van de Durmebedding in Waasmunster in 2014 (Bron: Vilda foto- en videoproducties, <https://vildaphoto.net/>, 13 mei 2021).



Appendix 4.4: Historische relict-dijkjes beplant met notelaars langsheen de Oude Durme (Verstraeten, 2017).



Appendix 4.5: Een klein baggerbootje spuit het slib voor sluizen weg ter hoogte van de het kaaplein in Hamme. September 2020 (Bron: Eddy Boodts).



Appendix 4.6: Beneden-Durme ter hoogte van de Mantasite in Waasmunster bij laagtij op 5 december 2020.



Appendix 4.7: Beneden-Durme tussen Lokeren en Zele bij laagtij op 8 december 2020.



Appendix 4.8: Beneden-Durme nabij de monding in Tielrode bij laagtij op 15 mei 2021



Appendix 4.9: Getijverschil aan de Mirabrug in Hamme bij springtij op 8 april 2020.



Appendix 4.10: Getijverschil aan een sluis ter hoogte van de Oude Durme in Waasmunster bij springtij op 8 april 2020.



Appendix 4.11: Foto van pompstation Waasmunster (Verstraeten, 2017).



Appendix 4.12: Uitzicht van het Groot Broek (links) en het Klein Broek (rechts) bij afwerking van het Sigmoplan Durmevallei (www.sigmoplan.be, 17 mei 2021)



Appendix 4.13: Oblique luchtfoto uit september 2020 van Hamme centrum met links en onderaan het overstromingsgebied Groot Broek en centraal-links het recreatief gebied Meulenbroek. Centraal in beeld stroomt de Beneden-Durme en in de verte is de Schelde zichtbaar (Foto: Mia Roels).



Appendix 4.14: Uitzicht vanaf de kerktoren van Waasmunster op de Durmevallei in zuidoostelijke richting. De foto dateert uit de periode 1900-1931 (Bron: Onbekend).

