

# **Mikroplast i marine sedimenter - Nordsøen og Skagerrak**

Microplastics in marine sediments – North Sea and Skagerrak

Dette arbejde er udført for Miljøstyrelsen i 2023

Fan Liu, Jes Vollertsen

Aalborg Universitet, BUILD, Forskningsgruppen for mikroplast

# Executive summary in English

## Background and objective

This work was carried out for the Danish Environment Protection Agency (EPA) targeting microplastics (MP) in Danish marine sediments. It addresses the geographical distribution of MP in sediments from 23 stations, among which, 19 were analysed in 2022 (Liu et al., 2022), and four were analysed in 2023 (Figure 1). One of these four samples were collected from Skagerrak, and three were from the North Sea.

It attempts to map the level and geographical distribution of MP in sediments from the North Sea and Skagerrak. The monitoring should furthermore create a baseline for future efforts to assess temporal changes of MP in Danish marine sediments.

## Methodology

### Sampling and analysis

Ten sediment samples were collected by the Danish EPA from the North Sea and Skagerrak in April to May 2022, among which six were analysed in 2022 and reported in Liu et al. (2022), while the four remaining samples were analysed in 2023. This report addresses the latter four samples (Figure 1). For overview, it presents these samples together with all previously analysed samples for the Danish marine environment (Liu et al., 2022). All in all, this comprises 23 samples.

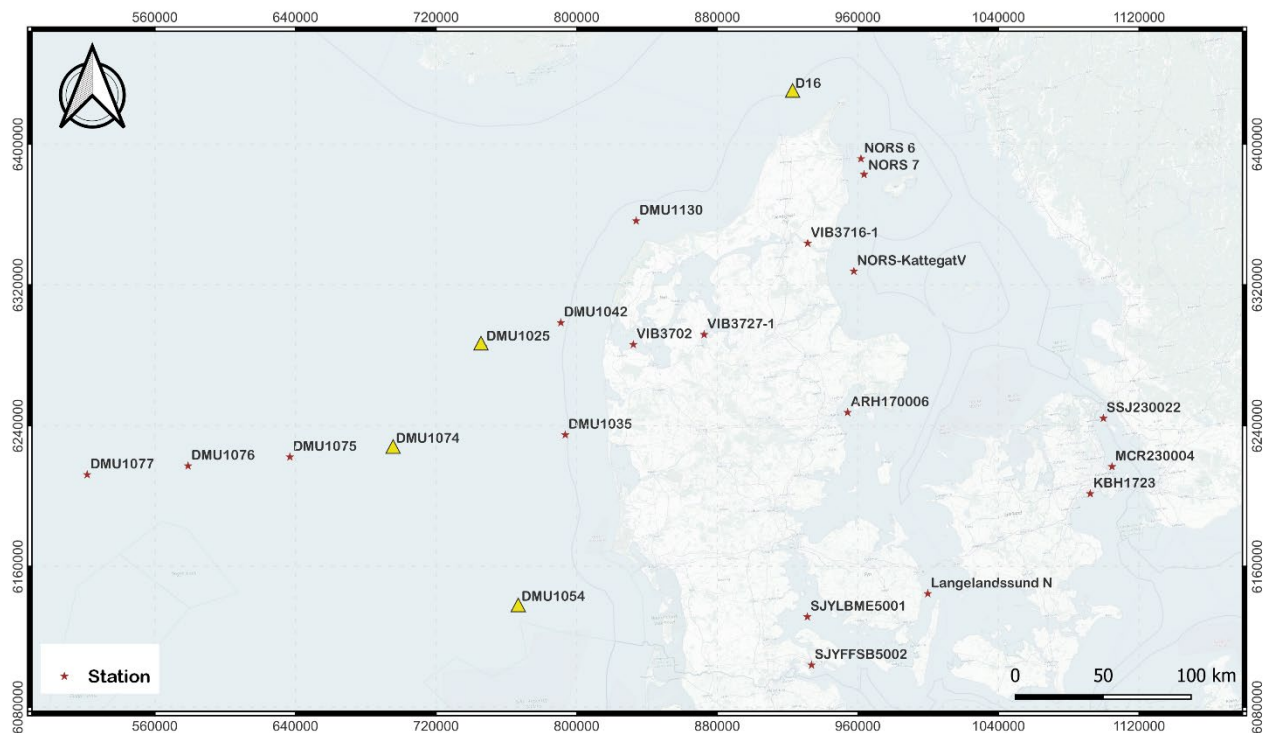


Figure 1. Overview of the 23 sampling locations covered by monitoring. Red five-pointed stars represents the samples analysed in 2022 (Liu et al., 2022), and yellow triangles represent the four samples from the North Sea and Skagerrak, analysed in 2023.

MP were isolated by a combination of oxidative treatment, enzymatic treatment and density separation using a separation liquid with density above 1.7 g/cm<sup>3</sup>. The extracts were analysed by  $\mu$ FTIR imaging with a lower size cut-off of 11  $\mu$ m, and the data interpreted by an automatized approach. Data were reported by particle counts and masses, size distributions, and polymer distributions.

## Results

The results showed a quite significant difference in concentration among the four samples, both in terms of particle counts (Figure 2) and particle mass (Figure 3). The highest concentration was found at the station in Skagerrak north of Tannis Bay (D16), which also was the station nearest to land. Compared with the previously analysed samples, sediments from the North Sea and Skagerrak in general had lower MP concentration compared with the sediments from inner Danish waters, both in terms of particle counts and particle mass.

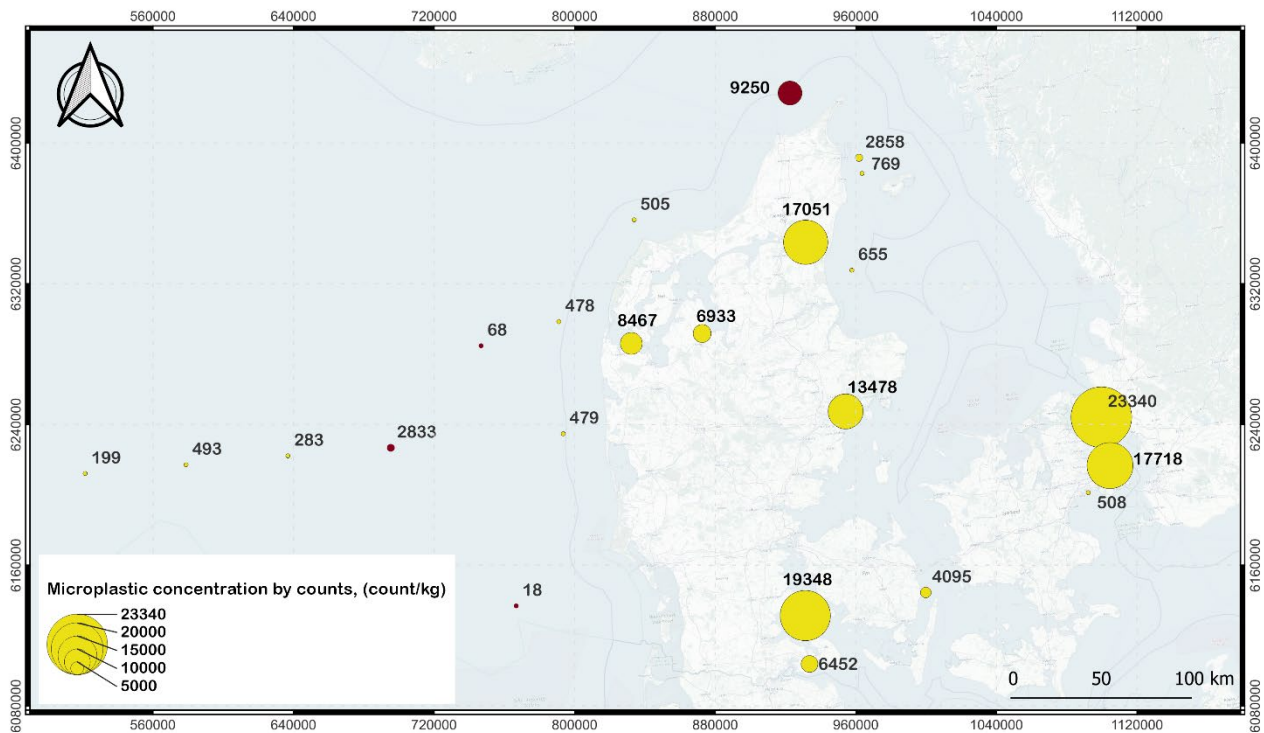


Figure 2. Overview of MP in the North Sea and Skagerrak samples (marked as red circle) measured as counts per kg of dry sediment and compared with previously investigated marine sediments from Danish waters (Liu et al., 2022).

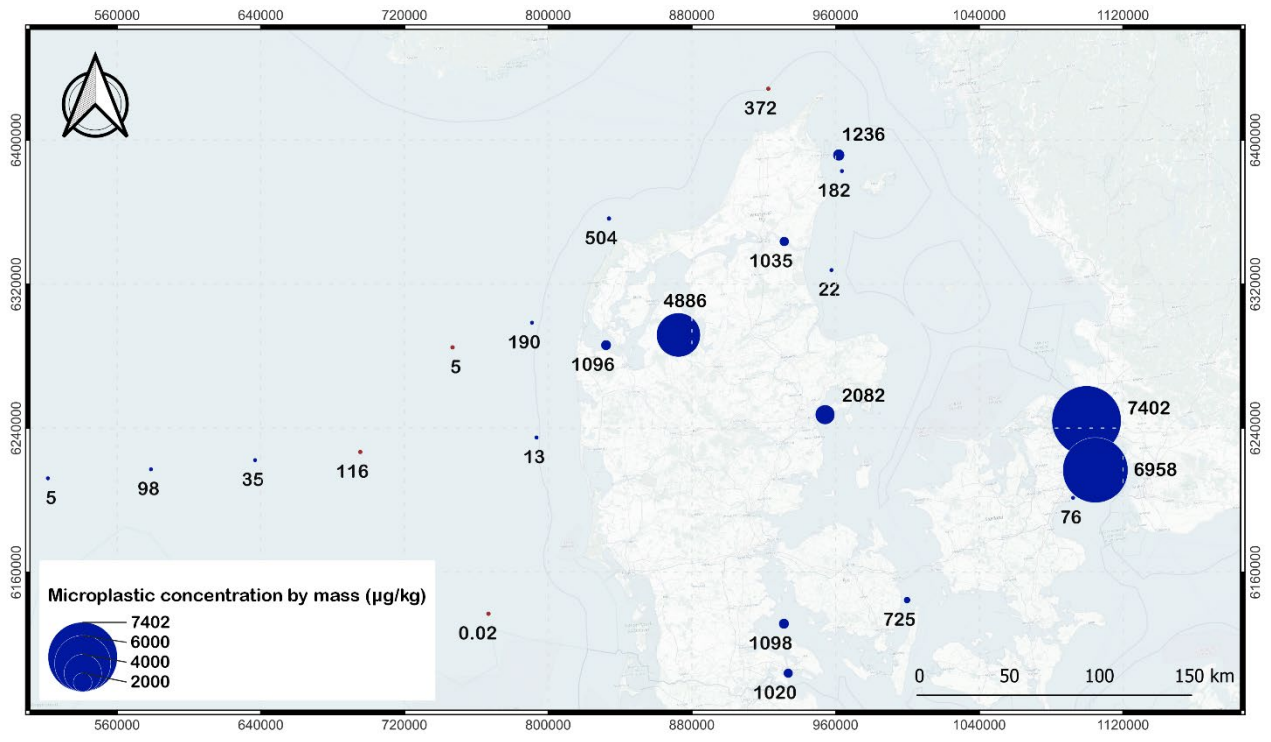


Figure 3. Overview of MP in the North Sea and Skagerrak samples (marked as red circle) measured as mass per kg of dry sediment and compared with previously investigated marine sediments from Danish waters (Liu et al., 2022).

## Indholdsfortegnelse

1	Baggrund og formål .....	5
2	Metode .....	6
2.1	Prøvetagning .....	6
2.2	Prøveforberedelse .....	6
2.3	Kemisk analyse .....	7
2.4	Kvalitetskontrol .....	8
2.5	Genfinding .....	8
3	Resultater og diskussion .....	9
3.1	Koncentration af MP-partikler .....	9
3.2	Polymerfordeling .....	11
3.3	Størrelse og masse af MP-partikler .....	15
3.4	MP-partiklernes form .....	16
4	Opsamling .....	18
5	Reference .....	19
6	Bilag: .....	20
6.1	Bilag 1 .....	20

## 1 Baggrund og formål

Dette arbejde er udført for Miljøstyrelsen og vedrører forekomst af mikroplast (MP) i havsedimenter fra den danske del af Nordsøen og Skagerrak. Undersøgelsens mål er at kortlægge niveauet og den geografiske fordeling af MP, samt skabe en basislinje for fremtidige bestræbelser på at vurdere tidsmæssige ændringer af MP-indholdet i danske marine sedimenter.

## 2 Metode

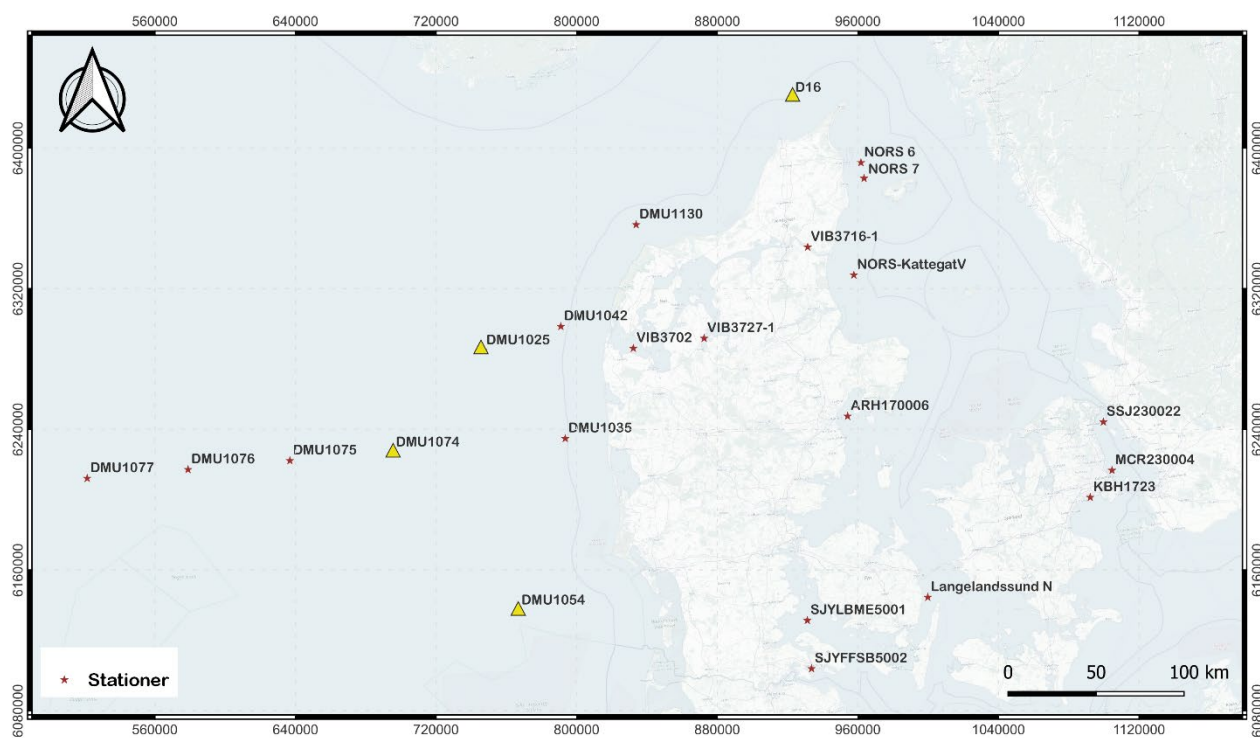
Prøverne blev udtaget og analyseret på samme vis som tidligere års prøver (Liu et al., 2022).

### 2.1 Prøvetagning

Ti sedimentprøver fra Nordsøen og Skagerrak blev indsamlet af Miljøstyrelsen fra april til maj 2022 (Tabel 1), hvoraf seks blev analyseret i 2022 og rapporteret i Liu et al. (2022), mens de fire resterende prøver blev analyseret i 2023. Denne rapport ser på disse fire prøver (Figur 1).

Tabel 1. Stationer undersøgt i 2023. Stationernes placering er vist i Figur 1.

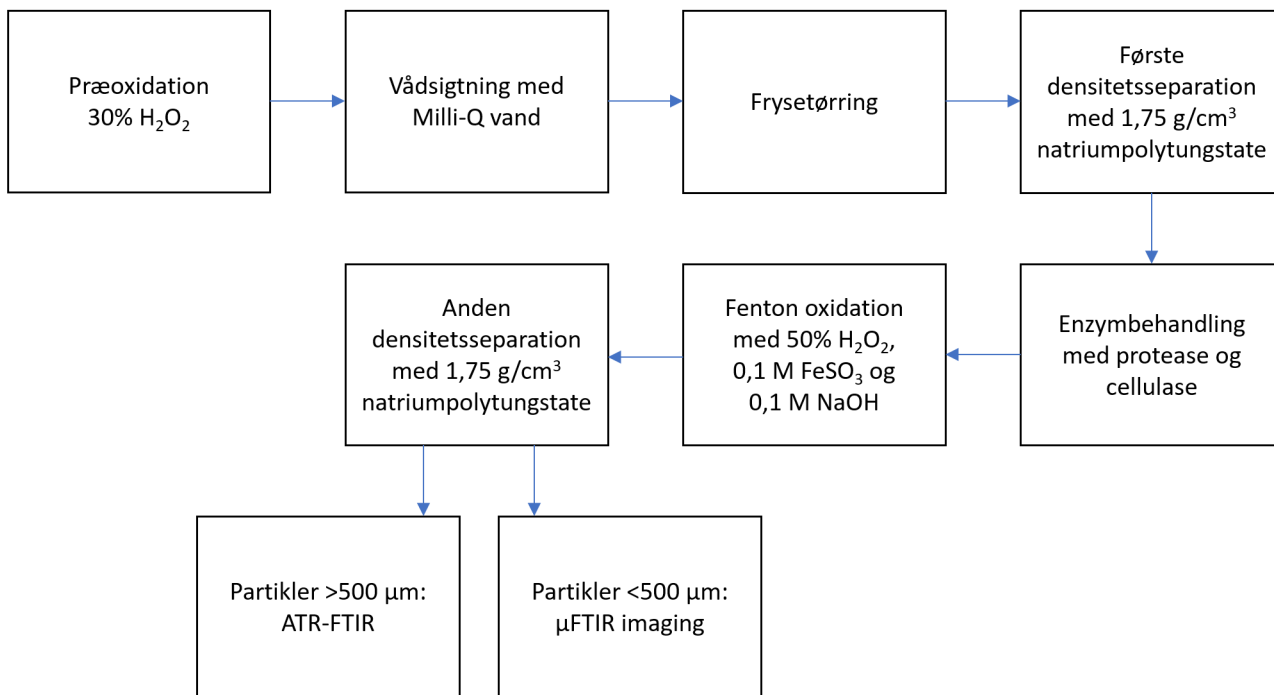
Station	Område	Prøvetagnings-tidspunkt
DMU1025	Nordsøen	04/2022
DMU1054	Nordsøen	04/2022
D16	Skagerrak	04/2022
DMU1074	Nordsøen	04/2022



Figur 1. Oversigt over de 23 prøveudtagningssteder dækket af monitoringen. Røde femtakkede stjerner repræsenterer prøverne analyseret i 2022 (Liu et al., 2022), og gule trekanter repræsenterer de fire prøver fra Nordsøen og Skagerrak, analyseret i 2023.

### 2.2 Prøveforberedelse

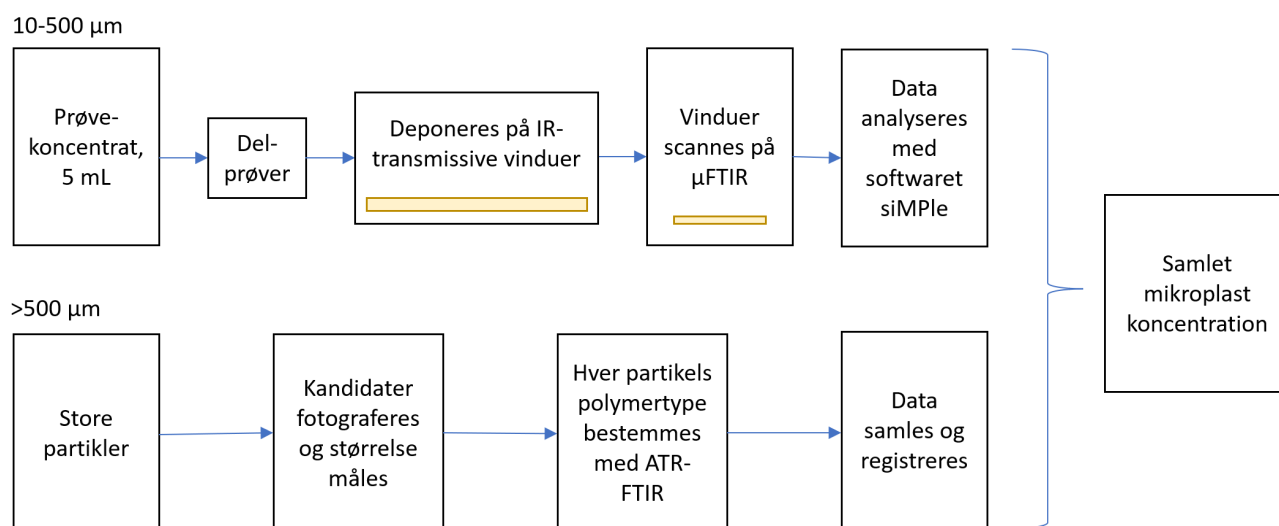
Prøverne blev forberedt til analyse som beskrevet i Liu et al. (2022). Kort fortalt fulgte prøveforberedelsen en protokol som illustreret i Figur 2.



Figur 2. Skematisk oversigt over prøveforberedelse frem til et koncentrat, der kan analyseres med FTIR-spektroskopi.

### 2.3 Kemisk analyse

Prøverne blev kemisk analyseret som beskrevet i Liu et al. (2022). Kort fortalt fulgte den kemiske analyse en protokol som illustreret i Figur 3.



Figur 3. Skematisk oversigt over FTIR-spektroskopi analyse af ekstraheret partikkelkoncentrat.



## 2.4 Kvalitetskontrol

Der blev ikke udtaget og analyseret særskilte feltblanke for de fire prøver. I stedet blev kvalitetskontrollen baseret på, at arbejdsgangen var identisk med den fra Liu et al. (2022), og de dengang udtagne og analyserede blankprøver også er gyldige for de her analyserede fire prøver.

## 2.5 Genfinding

Der blev ikke gennemført særskilte genfindingsforsøg i forbindelse med nærværende undersøgelse, idet en undersøgelse for at dokumenterer genfindingen for den anvendte protokol er udført tidligere (Liu et al., 2023).

### 3 Resultater og diskussion

#### 3.1 Koncentration af MP-partikler

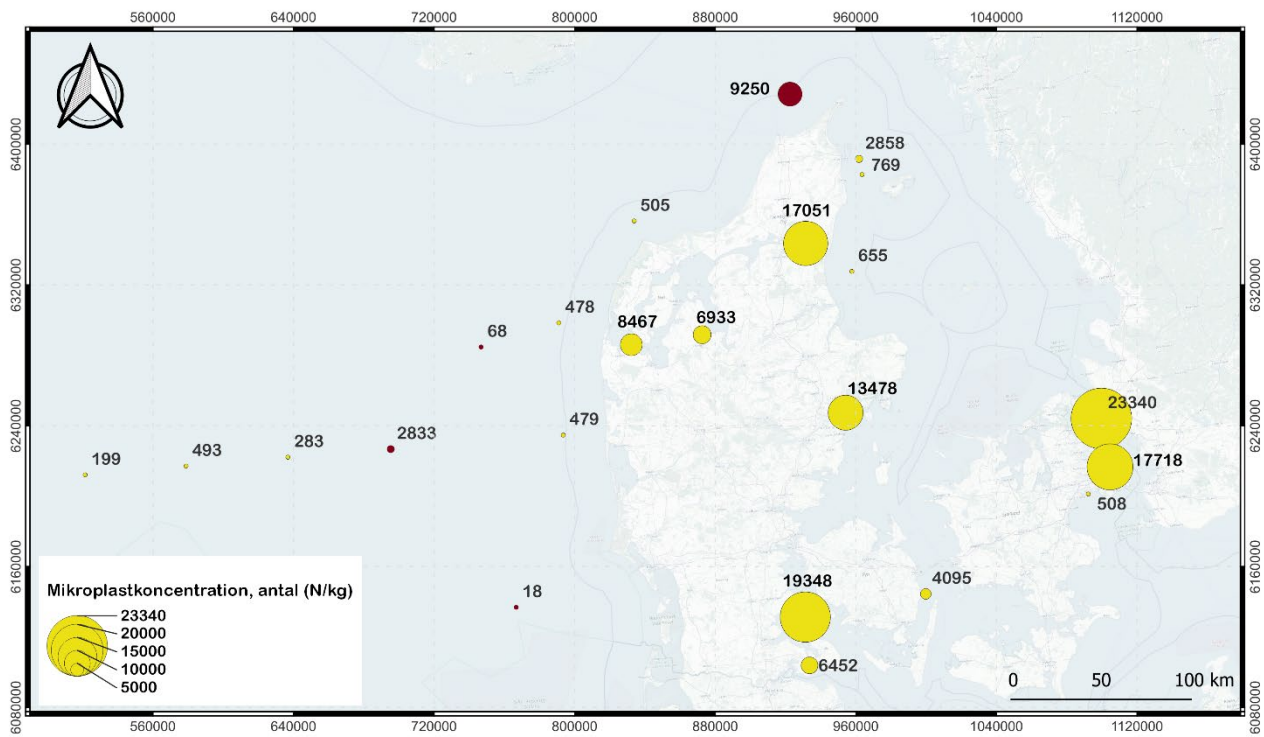
Der blev samlet set fundet 146 MP'er i scanningerne af delprøverne fra de fire stationer. Dette svarer til en MP-koncentration på 18 til 9250 N/kg, og 0,02 til 372 µg/kg. Detaljerede resultater for de fire sedimentprøver ses i Tabel 2 sammen med mængden af prøve, der er blevet behandlet (processeret tørvægt) og efterfølgende scannet (analyseret andel). Desuden ses vandindholdet og indholdet af organisk stof. MP-koncentrationer er desuden vist på kort målt som henholdsvis antal (Figur 4) og masse (Figur 5).

Tabel 2. Analyserede prøver, analyseret mængde, samt MP-koncentrationer for de 4 prøver.

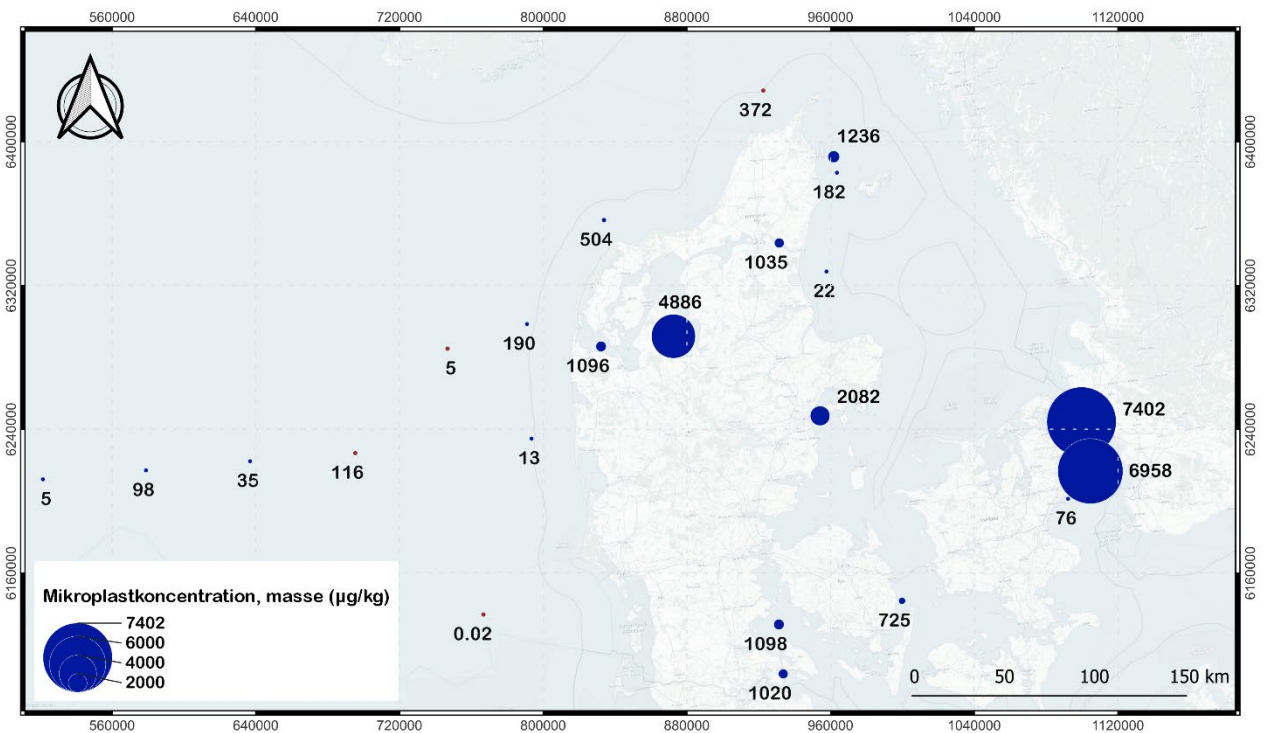
Station	Vandindhold [%]	Organisk stof indhold [%]	Processeret tørvægt [g]	Analyseret andel [%]	Identificeret MP [N]	Koncentration som partikel antal [N/kg]	Koncentration som partikel masse [µg/kg]
DMU1025	23,9	0,85	200	22	3	68	5
DMU1054	21,9	0,43	200	28	1	18	0,02
D16	45,8	5,0	200	4	74	9250	372
DMU1074	31,1	1,4	200	12	68	2833	116

Der er betydelig indbyrdes variation mellem de 4 prøver. Den højeste koncentration blev fundet i station D16, både målt som partikelantal og partikelmasse. For partikelantal lå D16 også højere end de 6 Nordsøprøver analyseret i 2022 (Liu et al., 2022). D16 ligger i Skagerrak i området nord for Tannis Bugt, på den danske nordkyst (Figur 1).

Stationen med den laveste MP-koncentration var DMU1054. Denne lå også under hvad der blev fundet i de 6 Nordsøprøver og de andre prøver fra de danske farvande analyseret i 2022 (Liu et al., 2022, Figur 4). Faktisk blev der kun identificeret én plastikpartikel i DMU1054, selvom den havde den højeste analyserede andel af de 5 mL partikelkoncentrat (28%, Tabel 2). Denne koncentration er sammenlignelig med kontamineringsniveauet i laboratoriet (Liu et al., 2022), og det faktiske indhold i prøven (minus kontaminering) kan derfor godt have være nul. Samlet set havde prøver fra Nordsøen lavere MP-koncentration end prøver fra andre danske farvande.



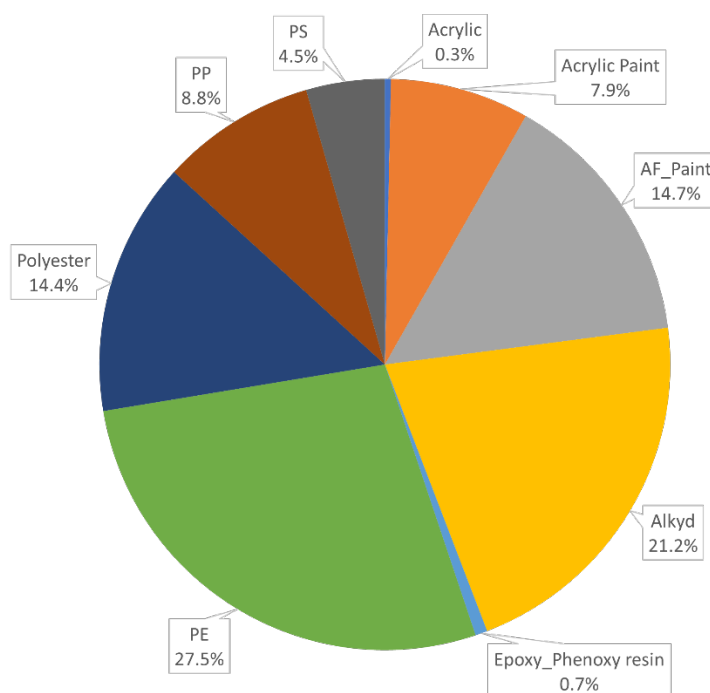
Figur 4. Oversigt over MP i Nordsøen og Skagerrak prøverne (markeret som rød cirkel) målt som antal per kg tørt sediment og sammenlignet med tidligere undersøgte marine sedimenter fra de danske farvande (Liu et al., 2022).



Figur 5. Oversigt over MP i Nordsøen og Skagerrak prøverne (markeret som rød cirkel) målt som masse per kg tørt sediment og sammenlignet med tidligere undersøgte marine sedimenter fra de danske farvande (Liu et al., 2022).

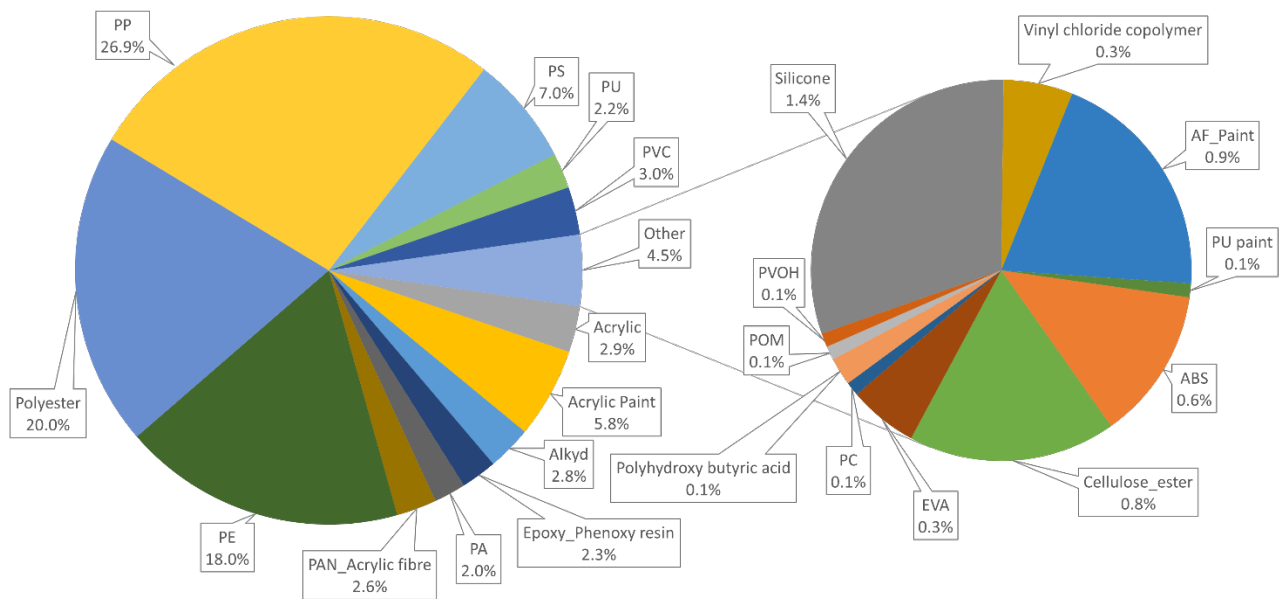
### 3.2 Polymerfordeling

MP fra de fire sedimentprøver fordelte sig på 9 polymertyper (Figur 6). Dette antal svarede til hvad der blev fundet i de analyserede prøver fra 2022. Dog var polymersammensætningen lidt anderledes (Liu et al., 2022). For eksempel var PE den hyppigst forekommende polymer i de fire prøver, både målt som partikelantal (Figur 6) og partikelmasse (Figur 8), mens polyester var den hyppigst forekommende i prøverne analyseret i 2022 (Liu et al., 2022). Det skal dog pointeres, at selvom polymerfordelingen i denne undersøgelse var baseret på 146 partikler, hvilket var to gange højere end de 77 partikler der indgik i 2022, er det stadig et lav tal at bestemme polymerfordelingen ud fra. Dette gælder især, når der kun blev fundet nogle få partikler for en specifik polymer. I dette tilfælde blev der f.eks. identificeret en Acrylic og to Epoxy Phenoxy Resin, hvilket selvsagt medfører væsentlig statistisk usikkerhed med hensyn til polymerfordelingen.

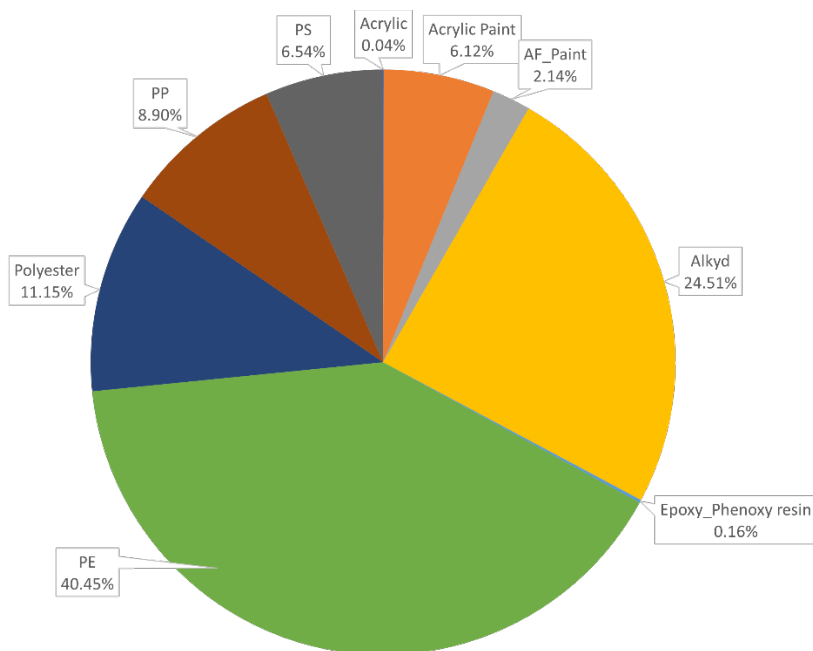


Figur 6. Den gennemsnitlige polymerfordeling i de 4 prøver målt som antal per kg sediment.

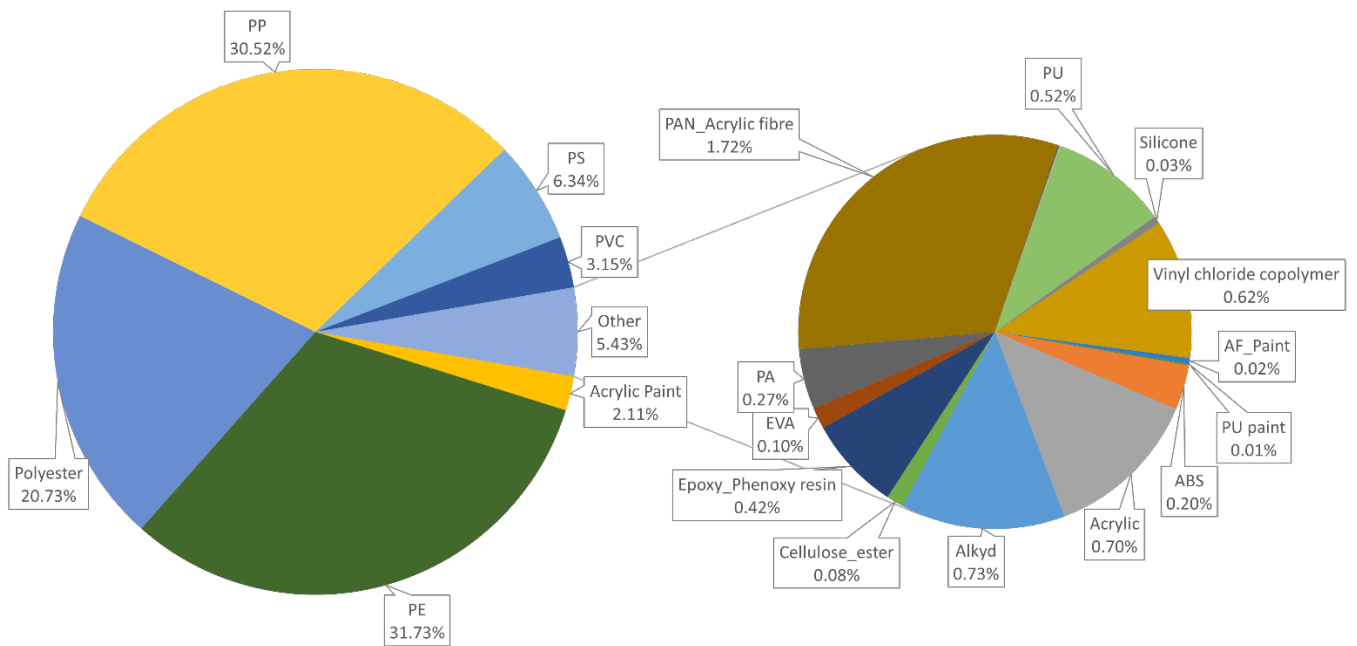
For summen af alle analyserede prøver, det vil sige de 4 prøver fra 2023 samt tidligere undersøgte prøver (Liu et al., 2022), blev polymerfordelingen som vist i Figur 7 (antal per kg sediment) og Figur 9 (masse per kg sediment). Samlet set er den mest udbredte polymer PP, både målt som partikelantal (26.9%) og partikelmasse (30.5%).



Figur 7. Den gennemsnitlige polymerfordeling for alle undersøgte prøver af marine sedimenter, det vil sige de 4 prøver målt i 2023 og de tidligere undersøgte prøver fra de danske farvande (Liu et al., 2022). Polymerfordelingen er opgjort som antal mikroplast per kg sediment.

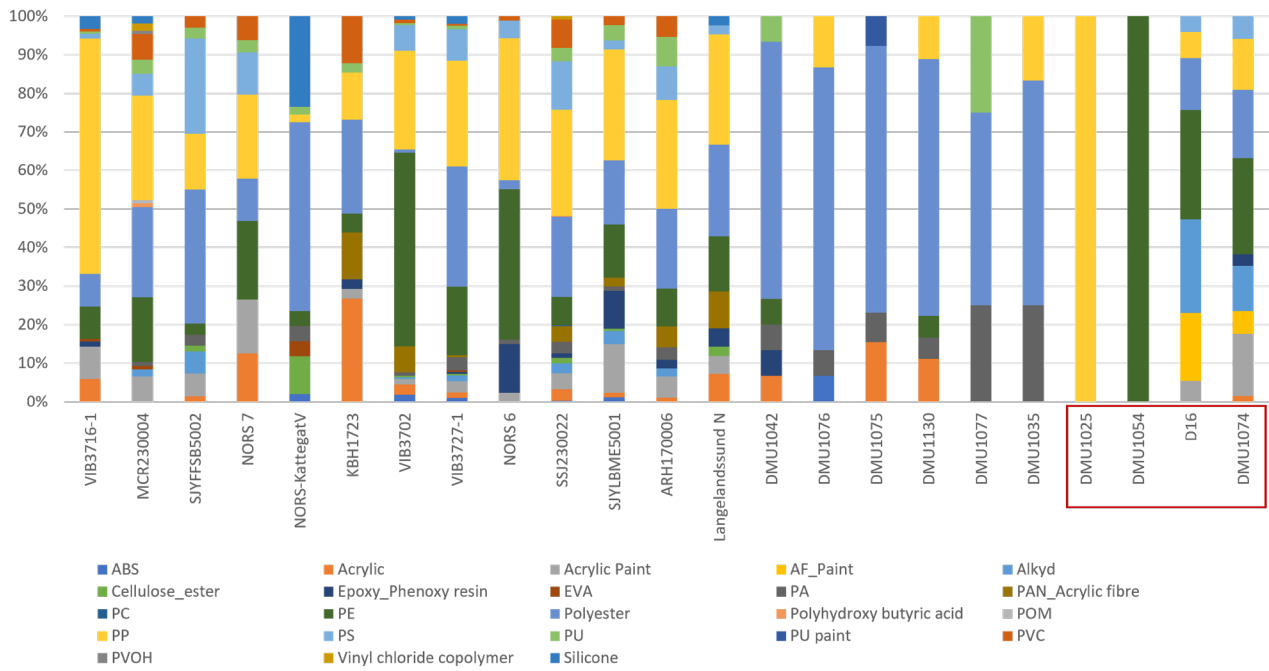


Figur 8. Den gennemsnitlige polymerfordeling i de 4 prøver målt som masse per kg sediment.

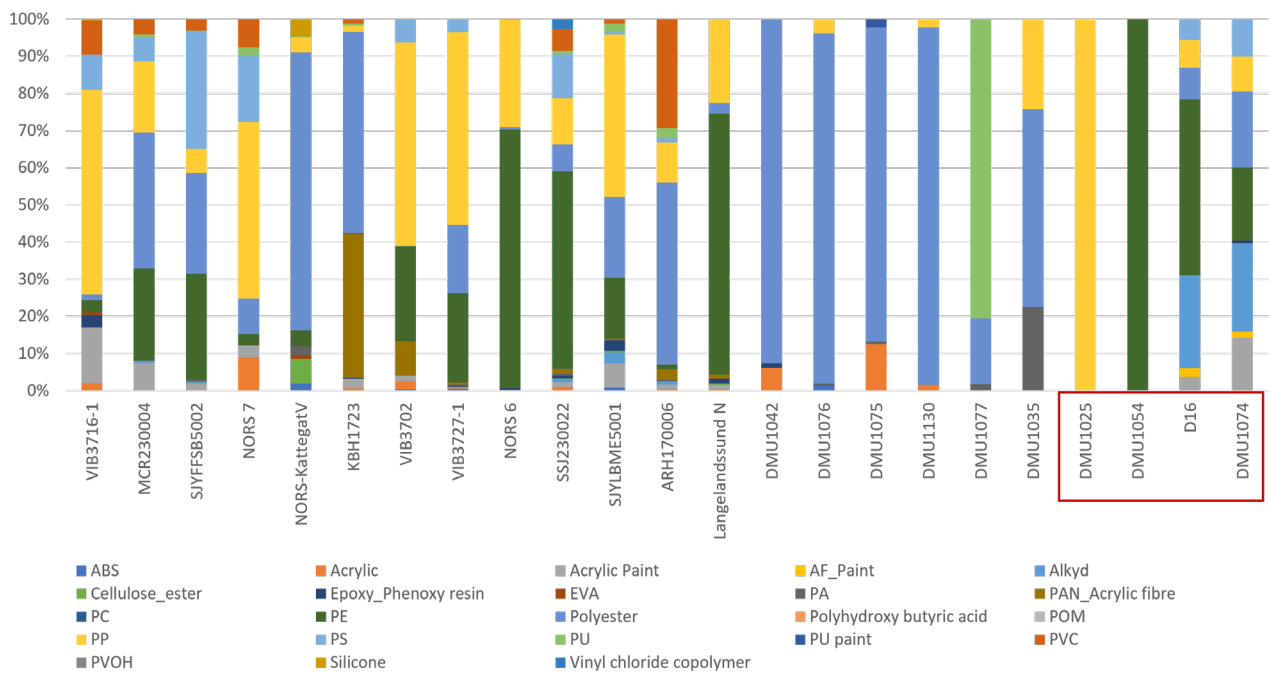


Figur 9. Den gennemsnitlige polymerfordeling for alle undersøgte prøver af marine sedimenter, det vil sige de 4 prøver målt i 2023 og de tidligere undersøgte prøver fra de danske farvande (Liu et al., 2022). Polymerfordelingen er opgjort som masse mikroplast per kg sediment.

Polymerfordelingen viste en betydelig geografisk variation (Figur 10, Figur 11, Bilag 1). I stationerne DMU1025 og DMU1054 blev kun én type polymer identificeret, selvom en stor del af partikelkoncentratet blev scannet (Tabel 1). For bedre at sammenligne polymerfordelingen for hver station, er data fra tidligere undersøgte marine sedimenter også inkluderet. Dette viser, at polymerfordelingen varierer mellem stationer, både hvad angår partikelantal (Figur 10) og partikelmasse (Figur 11).



Figur 10. Polymerfordeling per station for alle undersøgte prøver af marine sedimenter, det vil sige de 4 prøver målt i 2023 og de tidligere undersøgte prøver fra de danske farvande (Liu et al., 2022). Polymerfordelingen er opgjort som antal mikroplast per kg sediment. De 4 prøver fra 2023 er markeret med et rødt rektangel.

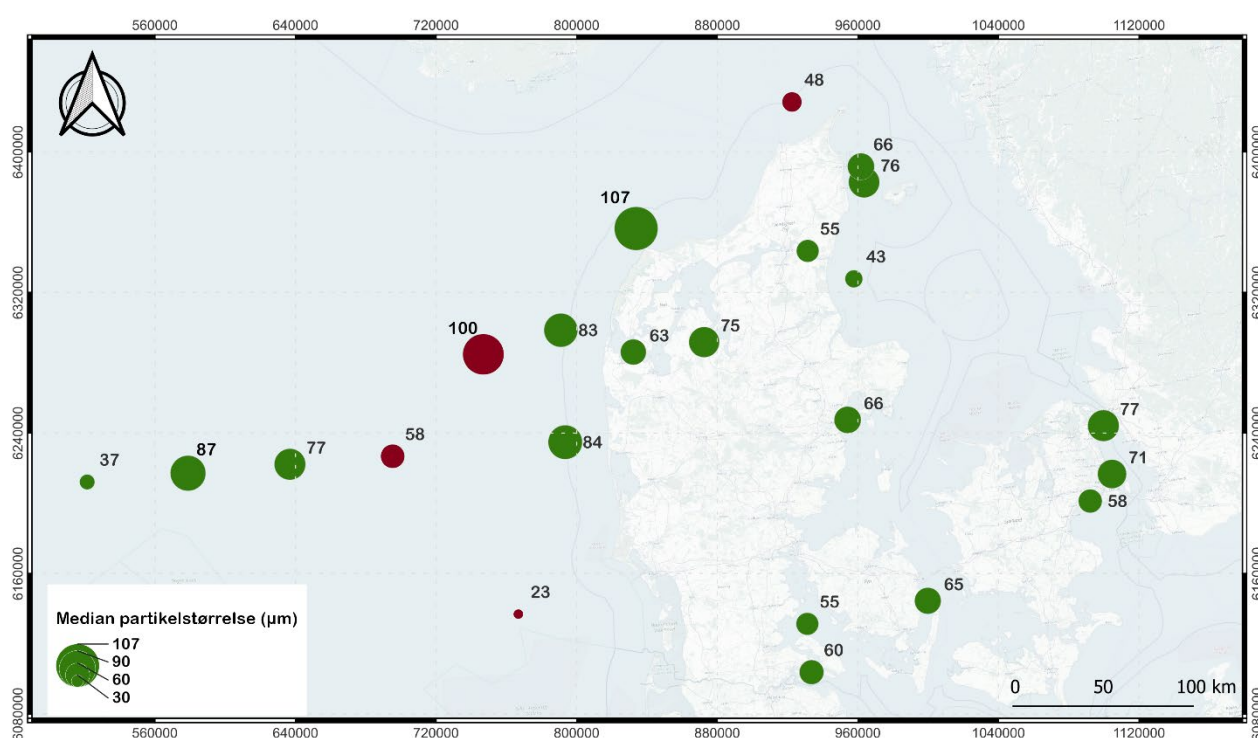


Figur 11. Polymerfordeling per station for alle undersøgte prøver af marine sedimenter, det vil sige de 4 prøver målt i 2023 og de tidligere undersøgte prøver fra de danske farvande (Liu et al., 2022). Polymerfordelingen er opgjort som masse mikroplast per kg sediment. De 4 prøver fra 2023 er markeret med et rødt rektangel.

### 3.3 Størrelse og masse af MP-partikler

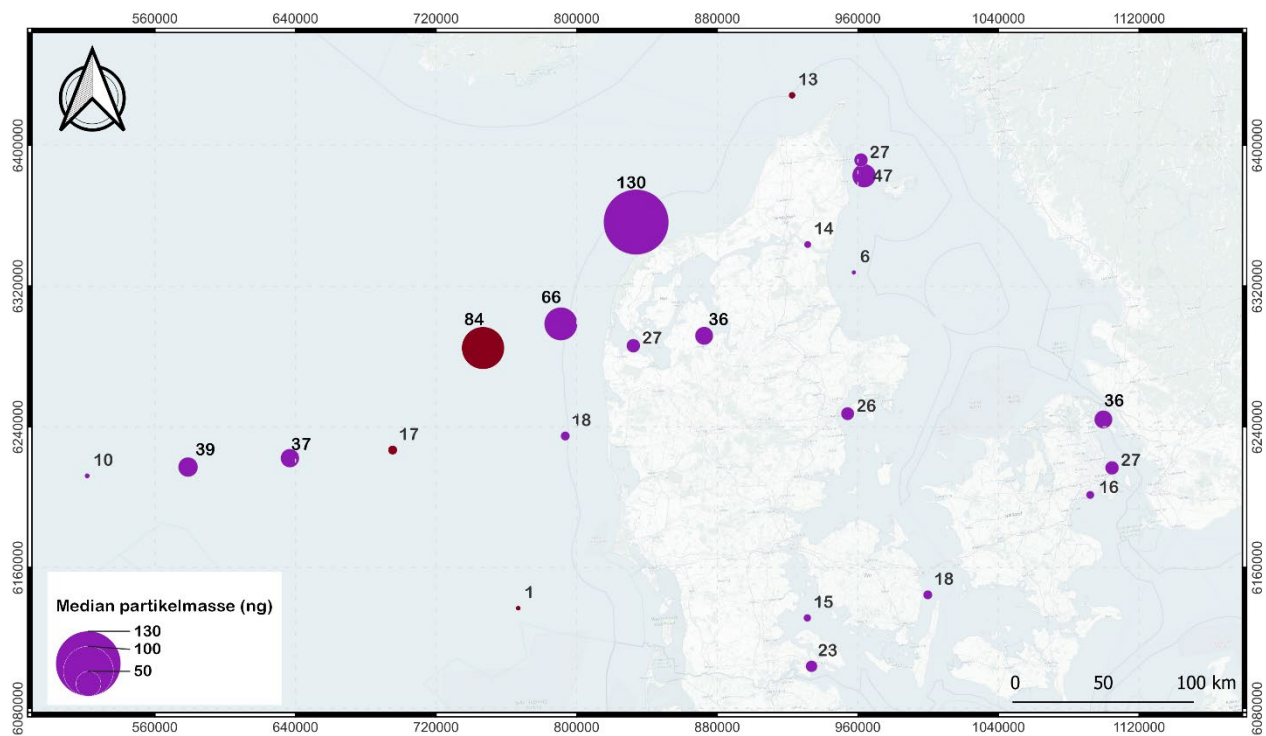
Størrelsen blev målt som partiklens længste dimension (Feret maksimum dimension), mens den mindste dimension blev målt som Feret minimum dimension. Efter at have samlet alle de identificerede partikler viste det sig, at de fleste partikler (85%) havde den længste dimension under 100  $\mu\text{m}$ . Den største identificerede partikel havde den længste dimension på lige godt 250  $\mu\text{m}$  (Bilag 1, Figur 14 ).

Medianpartikelstørrelsen for de 4 stationer er vist i Figur 12, sammen med medianpartikelstørrelsen for de tidligere målte stationer (Liu et al., 2022). Den største medianstørrelse (107  $\mu\text{m}$ ) blev fundet ved stationen DMU1130, som også havde den højeste median partikelmasse (84 ng, Figur 13). Den laveste medianstørrelse (23  $\mu\text{m}$ , Figur 12) var ved stationen DMU1054, som også havde den laveste partikelmasse (1 ng, Figur 13).



Figur 12. Oversigt over median størrelse af MP i Nordsøen og Skagerrak prøverne (markeret som rød cirkel) målt som masse per kg tørt sediment samt tidligere undersøgte marine sedimenter fra de danske farvande (Liu et al., 2022).

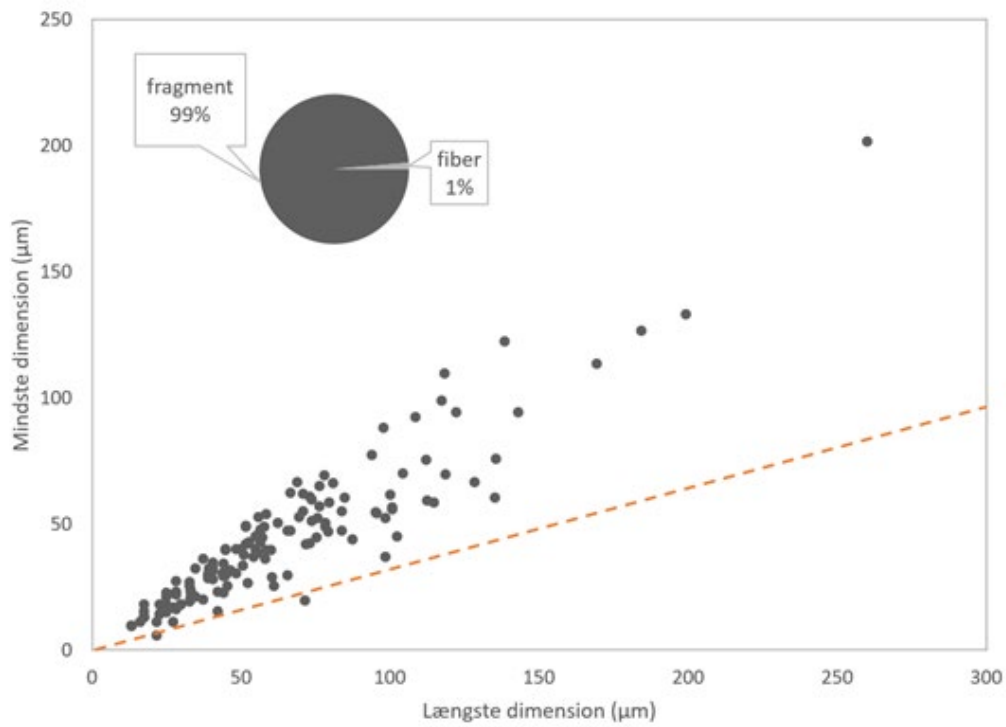




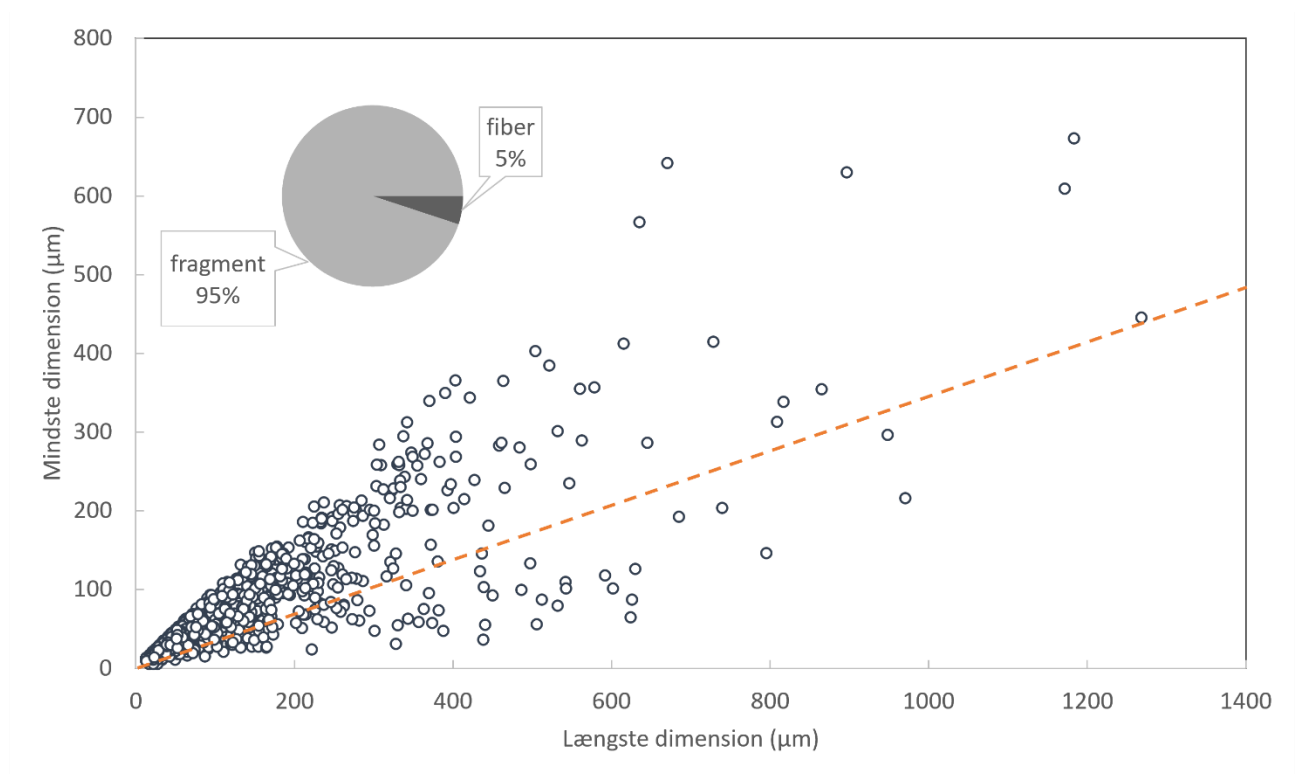
Figur 13. Oversigt over median masse af MP i Nordsøen og Skagerrak prøverne (markeret som rød cirkel) målt som masse per kg tørt sediment samt tidligere undersøgte marine sedimenter fra de danske farvande (Liu et al., 2022).

### 3.4 MP-partiklernes form

MP er sorteret i 2 kategorier: fragment og fiber. Hvis forholdet mellem den længste og mindste dimension er over 3, defineres MP'en som fiber, ellers som fragment. Blandt de identificerede partikler fra de fire stationer (Figur 14), var der kun to, der kunne klassificeres som fibre, svarende til knap 1.4% af alle partikler. Efter at have samlet alle partikler inklusive dem fra tidligere undersøgte stationer (Liu et al., 2022), udgør fiber dog 5% af det samlede antal MP (Figur 15).



Figur 14. Forholdet mellem største og mindste dimension af alle MP-partikler i de fire undersøgte prøver. Den røde stiplede linje viser grænsen mellem at være fiber og fragment.



Figur 15. Forholdet mellem største og mindste dimension af alle MP-partikler i de fire prøver samt tidligere undersøgte marine sedimenter fra de danske farvande (Liu et al., 2022). Den røde stiplede linje viser grænsen mellem at være fiber og fragment.

## 4 Opsamling

Resultaterne fra de fire undersøgte prøver og tidligere undersøgte marine sedimenter fra danske farvande (Liu et al., 2022) viste, at der er en ganske betydelig variation i MP-forekomsten i danske marine sedimenter. Sediment fra Nordsøen, der udgjorde 9 ud af 23 prøver havde et systematisk lavere indhold end de fleste andre prøver. Når man sammenligner stationerne, ser det desuden ud til, at stationer i nærheden af tæt befolkede områder (f.eks. stationer tæt på København og Aalborg) har højere MP-koncentration, end dem ligger længere væk fra tæt befolkede områder. Det tyder på den baggrund på, at forekomsten af MP i marine sedimenter er påvirket af landbaserede kilder, i alt fald til en vis grad.

## 5 Reference

Liu F, Lorenz C, Vollertsen J (2022). Havstrategi 2022 – mikroplast i marine sedimenter. Rapport til Miljøstyrelsen.

Liu F, da Silva VH, Chen Y, Lorenz C, Simon M, Vollertsen J, Strand J (2023). R&D project regarding development of methods for sampling and analysis of microplastics in Danish waters. Rapport til Miljøstyrelsen.

## 6 Bilag:

### 6.1 Bilag 1

Tabel 3. Identificerede polymertyper, deres densitet, samt hvor mange partikler der blev fundet i de 4 undersøgte prøver i scanning af det samlede dataset.

Forkortelse og navn	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	Identificeret antal (N)
Acrylic	1180	1
Acrylic Paint	1140	15
AF Paint	1844	17
Alkyd	1100	26
Epoxy Phenoxy resin	1200	2
PE (polyætylen)	935	38
Polyester	1380	22
PP (polypropylen)	905	17
PS (polystyren)	1040	7
PU (polyuretan)	1290	1
PU Paint (polyuretan maling)	1290	15
<b>sum</b>		<b>146</b>

Tabel 4. De 4 undersøgte prøver samt tidligere analyserede prøver fra de danske farvande: Identificerede polymertyper, deres densitet, samt hvor mange partikler der blev fundet i scanning af det samlede dataset.

Forkortelse og navn	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	Identificeret antal (N)
ABS (acrylonitrile butadiene styrene)	1070	11
Acrylic	1180	55
Acrylic Paint	1140	108
Alkyd	1200	53
<b>AF_Paint</b>	1844	17
Cellulose ester	1280	15
Epoxy Phenoxy resin	1200	43
EVA (ethylene vinyl acetate)	940	5
PA (polyamide)	1270	38
PAN Acrylic fibre	1184	48
PC (Polycarbonate)	1210	1
PE (polyethylene)	935	338
Polyester	1380	375
Polyhydroxy butyric acid	1000	2
POM (Polyoxymethylene)	980	1
PP (polypropylene)	905	504
PS (polystyrene)	1048	131
PU (polyurethane)	1290	42
<b>PU Paint</b>	1290	1
PVC (polyvinyl chloride)	1380	57
PVOH (polyvinyl alcohol)	1250	1
Silicone	9650	26
Vinyl chloride copolymer	1360	5
<b>Sum</b>		<b>1877</b>

Tabel 5. Polymerfordeling af de 4 undersøgte prøver, målt som antal per kg tørt sediment.

	Acrylic	Acrylic Paint	AF_Paint	Alkyd	Epoxy_Phenoxy resin	PE	Polyester	PP	PS
<b>DMU1025</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0,0
<b>DMU1054</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0,0	0,0	0,0
<b>D16</b>	0,0	5,4	17,6	24,3	0,0	28,4	13,5	6,8	4,1
<b>DMU1074</b>	1,5	16,2	5,9	11,8	2,9	25	17,6	13,2	5,9

Tabel 6. Polymerfordeling af de 4 undersøgte prøver, målt som masse per kg tørt sediment.

	Acrylic	Acrylic Paint	AF_Paint	Alkyd	Epoxy_Phenoxy resin	PE	Polyester	PP	PS
<b>DMU1025</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
<b>DMU1054</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
<b>D16</b>	0,0	3,7	2,3	25,0	0,0	47,4	8,4	7,6	5,5
<b>DMU1074</b>	0,2	14,1	1,6	23,9	0,7	19,7	20,4	9,4	10,1