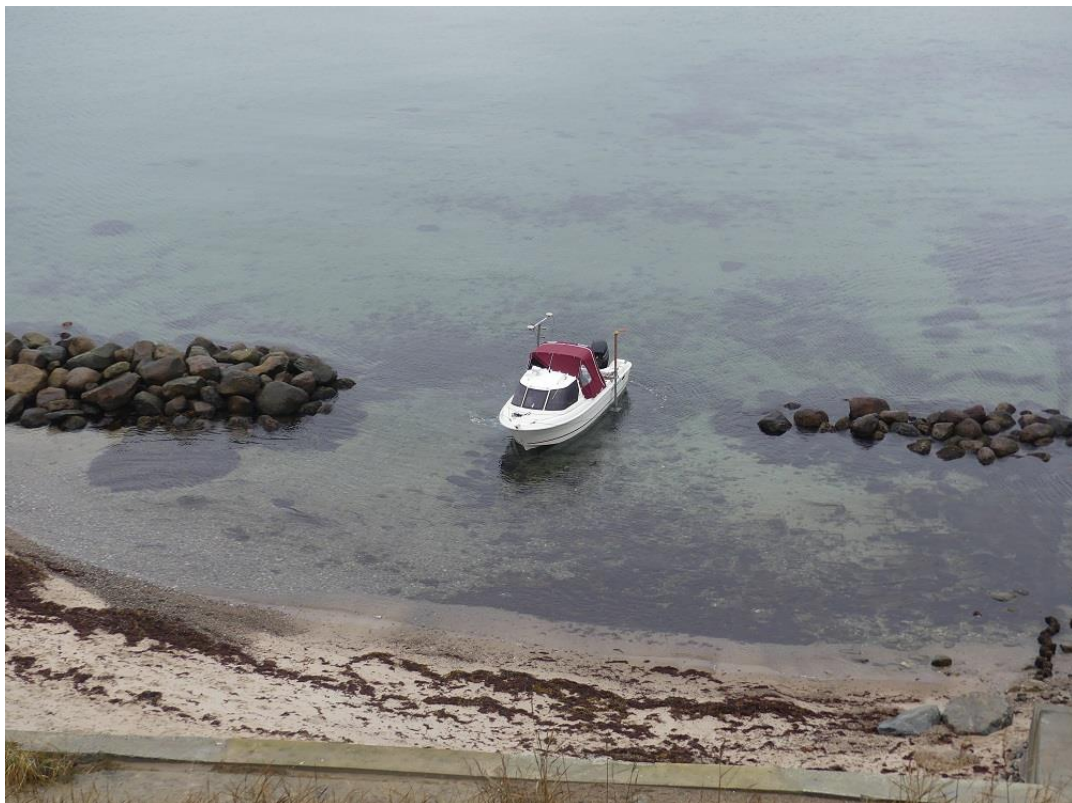


# Nordkystens fremtid

Forundersøgelser

Sedimentprøver fra havbunden



Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af Bureau Veritas for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse

ISO 9001  
Management System Certification

BUREAU VERITAS  
Certification Denmark A/S

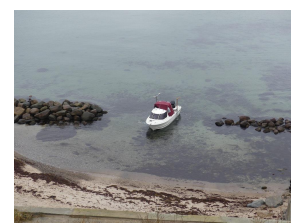


# Nordkystens fremtid

## Forundersøgelser

### Sedimentprøver fra havbunden

Udarbejdet for                      NIRAS A/S  
Repræsenteret ved                Christian Helledie



*Opmåling november 2017 ved Gilleleje.*

Projektleder	Nils Drønen
Kvalitetsansvarlig	Rolf Deigaard
Projektnummer	11821353
Godkendelsesdato	13. april 2018
Revision	Draft 0.2
Klassifikation	Begrænset



## INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Introduktion .....	1
2	Prøvetagning .....	3
3	Analyseresultater .....	9

## FIGURER

Figur 2.1	Prøvetagningslokaliteterne markeret med prøvenavn på kyststrækningen mellem Hundested og Tisvildeleje Hegn .....	3
Figur 2.2	Prøvetagningslokaliteterne markeret med prøvenavn på kyststrækningen mellem Tisvildeleje Hegn og Dronningmølle .....	3
Figur 2.3	Prøvetagningslokaliteterne markeret med prøvenavn på kyststrækningen mellem Dronningmølle og Helsingør .....	4
Figur 3.1	Sammenhæng mellem mellem $d_{50}$ og bundniveau .....	12

## TABELLER

Tabel 2.1	Koordinator for prøveudtagning angivet i UTM-32N .....	4
Tabel 3.1	Prøvetagningsdybde i m, mediankornstørrelsen, $d_{50}$ i mm, samt de to mål for uensformighedstal, $d_{60}/d_{10}$ og $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ .....	9

## BILAG

### BILAG A – Kornkurver



## 1 Introduktion

Som en del af forundersøgelsen for projektet Nordkystens Fremtid er der indsamlet 68 prøver af bundsediment på to forskellige vanddybder ved i alt 36 lokaliteter på kyststrækningen mellem Hundested og Helsingør.

Ved 4 lokaliteter var det kun muligt at indsamle sandprøver fra en dybde.

Indsamlingen er foretaget med henblik på bestemmelse af kornstørrelsesfordelingen i den mobile del af kystprofilet langs kyststrækningen.

Sedimentprøverne er blevet indsamlet indenfor de i skitseprojektet udpegede sandfodringsstrækninger, og kornstørrelsesfordelingen er derefter blevet analyseret i et laboratorium.

Den følgende rapport indeholder beskrivelse af prøvetagning, samt præsentation af analyseresultater.



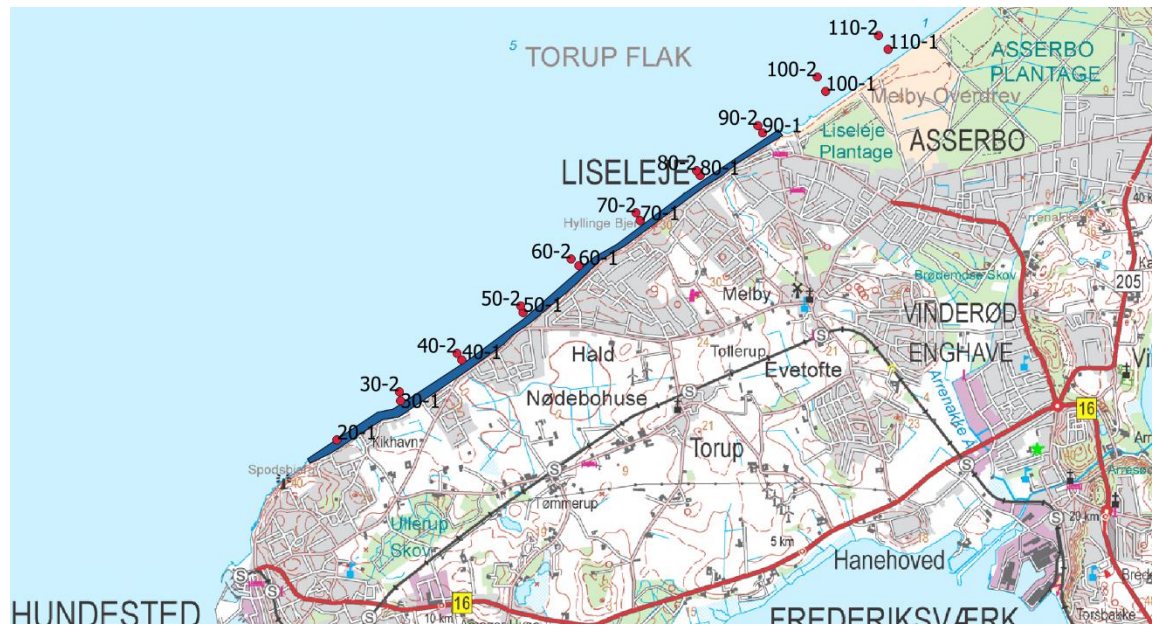
Denne side skal være blank.



## 2 Prøvetagning

Der er i alt indsamlet 68 prøver fordelt på de 6 fodringsstrækninger udpeget i skitseprojektet.

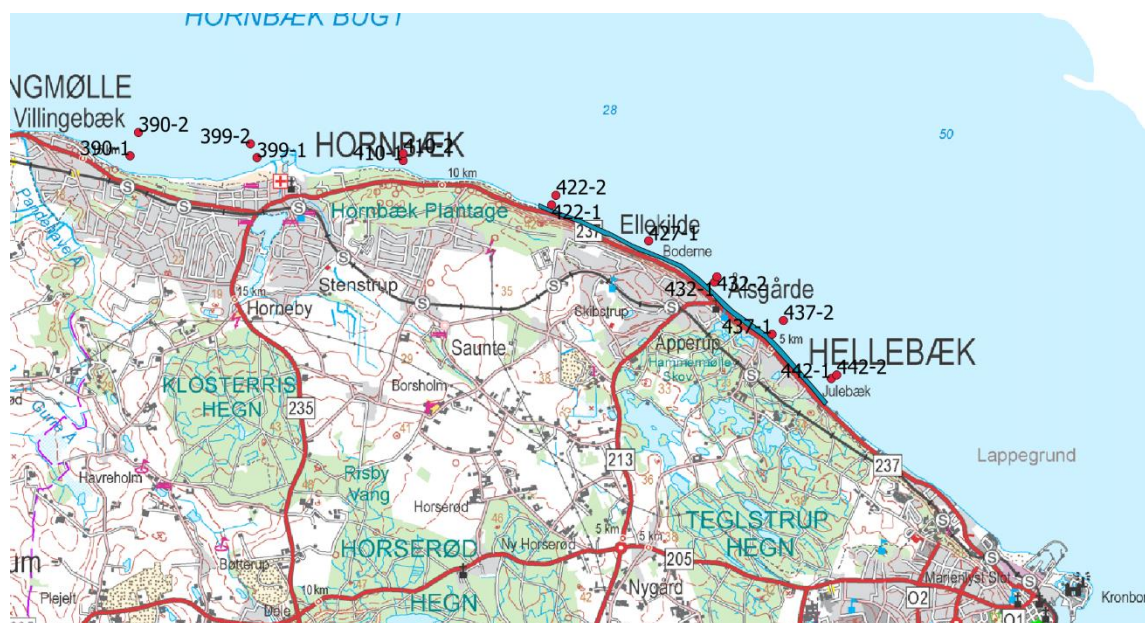
Figur 2.1 til Figur 2.3 viser prøvetagningslokaliteterne med prøvenavnene.



Figur 2.1 Prøvetagningslokaliteterne markeret med prøvenavn på kyststrækningen mellem Hundested og Tisvildeleje Hegn



Figur 2.2 Prøvetagningslokaliteterne markeret med prøvenavn på kyststrækningen mellem Tisvildeleje Hegn og Dronningmølle



Figur 2.3 Prøvetagningslokaliteterne markeret med prøvenavn på kyststrækningen mellem Dronningmølle og Helsingør

Tabel 2.1 angiver UTM-32N koordinaterne for de indsamlede prøver.

Tabel 2.1 Koordinator for prøveudtagning angivet i UTM-32N

Prøve	X	Y
20-1	678910,866	6207719,528
20-2	-	-
30-1	679752,677	6208239,153
30-2	679734,805	6208359,295
40-1	680564,765	6208782,706
40-2	680494,665	6208867,935
50-1	681373,424	6209406,526
50-2	681339,835	6209491,87
60-1	682108,303	6210028,897
60-2	682006,95	6210115,35
70-1	682922,007	6210620,333
70-2	682869,624	6210724,922
80-1	683716,266	6211219,597
80-2	683671,47	6211285,353

Prøve	X	Y
90-1	684540,818	6211781,489
90-2	684480,456	6211882,189
100-1	685377,75	6212333,372
100-2	685261,975	6212523,481
110-1	686206,013	6212887,924
110-2	686073,052	6213074,429
120-1	687034,933	6213485,984
120-2	686833,68	6213675,991
130-1	687755,729	6214109,896
130-2	687639,298	6214240,512
180-1	691457,629	6217475,653
180-2	691349,815	6217542,327
190-1	692162,843	6218145,781
190-2	692100,895	6218193,356
200-1	692983,77	6218743,201
200-2	692950,548	6218800,632
210-1	693673,92	6219460,738
210-2	693631,684	6219510,115
220-1	694474,891	6220082,445
220-2	694418,159	6220142,677
230-1	695266,931	6220703,217
230-2	695203,652	6220773,493
290-1	700229,133	6223950,259
290-2	700174,088	6224020,83
300-1	701130,701	6224351,617
300-2	701082,537	6224492,412
310-1	702072,21	6224775,935
310-2	702032,008	6224813,322
320-1	702999,504	6225081,052

Prøve	X	Y
320-2	702950,549	6225225,633
352-1	706420,869	6225058,841
352-2	706491,97	6225291,812
357-1	707304,805	6224638,27
357-2	707283,458	6224891,127
360-1	707897,807	6224589,344
360-2	707917,151	6224786,676
365-1	708872,654	6224159,846
365-2	709033,715	6224376,711
370-1	709613,209	6223490,965
370-2	709792,334	6223729,247
378-1	710922,598	6222644,339
378-2	710971,304	6222967,515
390-1	712995,714	6222082,062
390-2	713104,463	6222396,227
399-1	714675,096	6222056,245
399-2	714591,901	6222240,907
410-1	716621,045	6222018,406
410-2	716621,136	6222112,172
422-1	718586,8	6221430,875
422-2	718647,258	6221563,154
427-1	719872,877	6220952,116
427-2	-	-
432-1	720753,763	6220409,6
432-2	720780,872	6220480,19
437-1	721515,08	6219716,15
437-2	721667,4	6219900,897
442-1	722295,871	6219126,832
442-2	722369,985	6219178,442

Bundsedimenterne er indsamlet fra surveybåden ved brug af en Vanveen sedimentgrab, og disse prøver bruges til at beskrive fraktionen af det sand, der befinder sig i den mobile del af kystprofilet langs den undersøgte kyststrækning. Den kystnære del af profilet er dynamisk, og det er vigtigt at kende sandfraktionens kornstørrelsefordeling. Denne indikerer, hvor stejl ligevægtskystprofilet på en given strækning er, og giver dermed en forståelse af hvad den optimale kornstørrelse for fodringssedimenterne skal være.

Denne side skal være blank.



### 3 Analyseresultater

I Tabel 3.1 er resultaterne af sigteanalyserne angivet.

I tabellen angives mediankornstørrelsen  $d_{50}$  i mm, samt to mål for uensformighedstallet for sedimentet,  $d_{60}/d_{10}$  og  $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ . Ligeledes oplyses vandtab, densitet og glødetab. Prøvetagningensdybden er angivet i meter.

Tabel 3.1 Prøvetagningsdybde i m, mediankornstørrelsen,  $d_{50}$  i mm, samt de to mål for uensformighedstal,  $d_{60}/d_{10}$  og  $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ . Dybden er ikke vandstandskorrigeret

Prøve navn	Depth (m)	$d_{50}$ (mm)	$U=\sqrt{(d_{84}/d_{16})}$	$U=d_{60}/d_{10}$	Vandtab (%)	Densitet, tør prøve (cm <sup>3</sup> )	Glødetab (%)
20-1	0.90	0.236	1.339	1.435	15.89	1.607	<1%
20-2	-	-	-	-			
30-1	2.04	0.168	1.359	1.579	14.01	1.617	<1%
30-2	3.84	0.213	1.682	1.886	12.40	1.698	<1%
40-1	1.73	0.164	1.305	1.392	13.96	1.622	<1%
40-2	3.72	0.150	1.312	1.572	13.60	1.572	<1%
50-1	1.92	0.154	1.421	1.664	16.46	1.732	<1%
50-2	3.46	0.134	1.314	1.526	14.72	1.561	<1%
60-1	1.71	0.181	1.383	1.592	15.01	1.750	<1%
60-2	4.22	-	-	-			
70-1	2.13	0.187	1.422	1.662	14.97	1.574	<1%
70-2	4.25	0.152	1.362	1.597	14.68	1.531	<1%
80-1	1.83	0.208	1.402	1.653	14.83	1.616	<1%
80-2	3.42	0.168	1.380	1.591	14.30	1.833	<1%
90-1	2.09	0.178	1.351	1.600	14.94	1.767	<1%
90-2	3.61	0.156	1.281	1.470	16.94	1.789	<1%
100-1	1.97	0.161	1.324	1.532	18.62	1.430	<1%
100-2	5.12	-	-	-			
110-1	1.92	0.176	1.319	1.495	19.12	1.416	<1%
110-2	4.82	0.142	1.359	1.587	18.32	1.437	<1%
120-1	-	0.182	1.332	1.587	18.22	1.469	<1%

Prøve navn	Depth (m)	d50 (mm)	$U=\sqrt{(d84/d16)}$	$U=d60/d10$	Vandtab (%)	Densitet, tør prøve (cm3)	Glødetab (%)
120-2	5.03	0.228	1.337	1.555	18.71	1.608	<1%
130-1	-	0.166	1.348	1.556	18.12	1.657	<1%
130-2	4.98	0.141	1.316	1.583	18.11	1.460	<1%
180-1	1.64	0.282	1.476	1.793	14.35	1.732	<1%
180-2	3.46	0.223	1.291	1.454	14.74	1.812	<1%
190-1	1.95	0.213	1.366	1.617	15.83	1.523	<1%
190-2	4.34	0.159	1.343	1.539	15.42	1.456	<1%
200-1	1.92	0.239	1.340	1.518	15.53	1.683	<1%
200-2	2.13	0.186	1.309	1.529	15.90	1.487	<1%
210-1	2.13	0.213	1.375	1.593	16.42	1.510	<1%
210-2	4.08	0.153	1.276	1.509	17.62	1.633	<1%
220-1	2.37	0.186	1.333	1.578	17.93	1.406	<1%
220-2	5.03	0.151	1.194	1.469	18.42	1.436	<1%
230-1	1.99	0.196	1.383	1.647	18.19	1.408	<1%
230-2	4.77	0.138	1.315	1.547	17.53	1.371	<1%
290-1	1.66	0.212	1.368	1.615	17.98	1.604	<1%
290-2	2.51	0.256	1.491	1.828	18.10	1.433	<1%
300-1	2.92	0.252	1.322	1.508	17.89	1.449	<1%
300-2	4.08	0.131	1.339	1.539	18.30	1.490	<1%
310-1	3.13	0.161	1.355	1.575	17.92	1.400	<1%
310-2	5.08	0.145	1.296	1.562	18.30	1.409	<1%
320-1	2.63	0.207	1.544	1.728	17.75	1.619	<1%
320-2	5.93	0.143	1.309	1.574	19.27	1.608	<1%
352-1	1.97	0.172	1.310	1.435	18.92	1.616	<1%
352-2	5.12	0.155	1.421	1.613	19.02	1.550	<1%
357-1	3.11	0.256	1.590	1.952	18.32	1.646	<1%
357-2	4.58	0.324	1.458	1.770	17.63	1.657	<1%
360-1	2.96	0.162	1.335	1.496	18.30	1.599	<1%



Prøve navn	Depth (m)	d50 (mm)	$U=\sqrt{(d84/d16)}$	$U=d60/d10$	Vandtab (%)	Densitet, tør prøve (cm <sup>3</sup> )	Glødetab (%)
360-2	5.53	0.142	1.280	1.534	19.64	1.567	<1%
365-1	2.63	0.165	1.374	1.574	18.77	1.492	<1%
365-2	4.91	0.176	1.572	1.826	16.94	1.589	<1%
370-1	0.69	0.322	1.378	1.624	18.70	1.554	<1%
370-2	5.17	0.122	1.313	1.410	19.85	1.597	<1%
378-1	1.85	0.186	1.427	1.663	18.14	1.541	<1%
378-2	5.53	0.135	1.285	1.505	19.30	1.538	<1%
390-1	2.35	0.158	1.290	1.356	18.74	1.506	<1%
390-2	5.27	0.136	1.281	1.498	19.62	1.527	<1%
399-1	2.16	0.184	1.421	1.621	18.02	1.606	<1%
399-2	5.27	0.161	1.342	1.435	18.60	1.620	<1%
410-1	2.37	0.163	1.326	1.424	18.42	1.510	<1%
410-2	3.53	0.167	1.341	1.473	17.93	1.579	<1%
422-1	2.25	0.172	1.322	1.457	18.48	1.468	<1%
422-2	5.91	0.145	1.275	1.541	19.94	1.443	<1%
427-1	3.01	0.189	1.329	1.585	18.97	1.602	<1%
427-2	-	-	-	-			
432-1	2.37	0.240	1.358	1.454	18.83	1.605	<1%
432-2	5.38	0.169	1.308	1.415	19.20	1.491	<1%
437-1	-	0.193	1.313	1.560	18.52	1.513	<1%
437-2	4.58	0.162	1.339	1.584	20.15	1.471	<1%
442-1	1.85	0.197	1.300	1.559	18.13	1.627	<1%
442-2	4.91	0.186	1.342	1.620	19.54	1.603	<1%

Sedimentprøverne er efter tørring og densitetsberegning tørsigtet med henblik på bestemmelse af kornstørrelsesfordelingen. En mindre andel af prøven er brugt til at bestemme glødetab, og dermed prøvens organiske indhold.

Alle mål for kornstørrelser er beregnet ved lineær interpolation i det semilogaritmiske koordinatsystem, svarende til aflæsning på kornkurverne præsenteret i Bilag A.

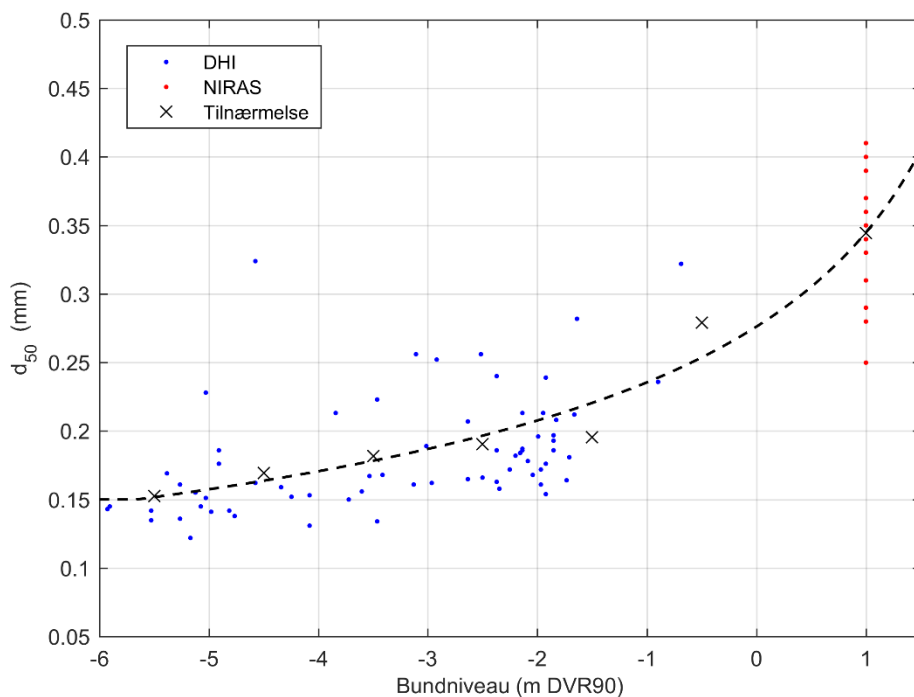
De endelige analyseresultater samt kornkurver kan findes i Bilag A.

Ved hver prøvetagningslokalitet er der indsamlet en prøve på lavt vand ( $\approx -1$  til  $-3$  m) og på dybere vand ( $\approx -5$  m). På lavt vand er middel mediankornstørrelse  $d_{50}$  0.167 mm, mens middel  $d_{50}$  er 0.196 mm for sedimentprøver indsamlet på dybere vand.

Resultaterne af kornstørrelsesanalysen viser, at sandet i nearshore zonen på kyststrækningen mellem Hundested og Helsingør overvejende består af velsorteret sand der ud fra Udden-Wentworth klassifikationen kan klassificeres som "fint sand". Ydermere er "fint sand" i henhold til Hjulstrøms diagram den lettest mobiliserbare kornstørrelsesfraktion ved bevægelse i vandmasser.

Ved fire prøver, 20-1, 180-1, 257-1 og 257-2, er  $d_{50}$  over 0.250 mm, og sedimentprøverne kan dermed klassificeres som "medium sand".

Da det på enkelte lokaliteter ikke var muligt at indsamle to sandprøver, er der ved 60-2 og 100-2 indsamlet bundprøver bestående af till og sten. Ved linje 20 og 427 er der ikke indsamlet prøver på dybere vand.



Figur 3.1 Sammenhæng mellem mellem  $d_{50}$  og bundniveau

Figur 3.1 viser sammenhæng mellem  $d_{50}$  og prøvetagningsdybden. Der ses en tydelig trend med lavere  $d_{50}$  på større vanddybde og større  $d_{50}$  på lavere vanddybde.

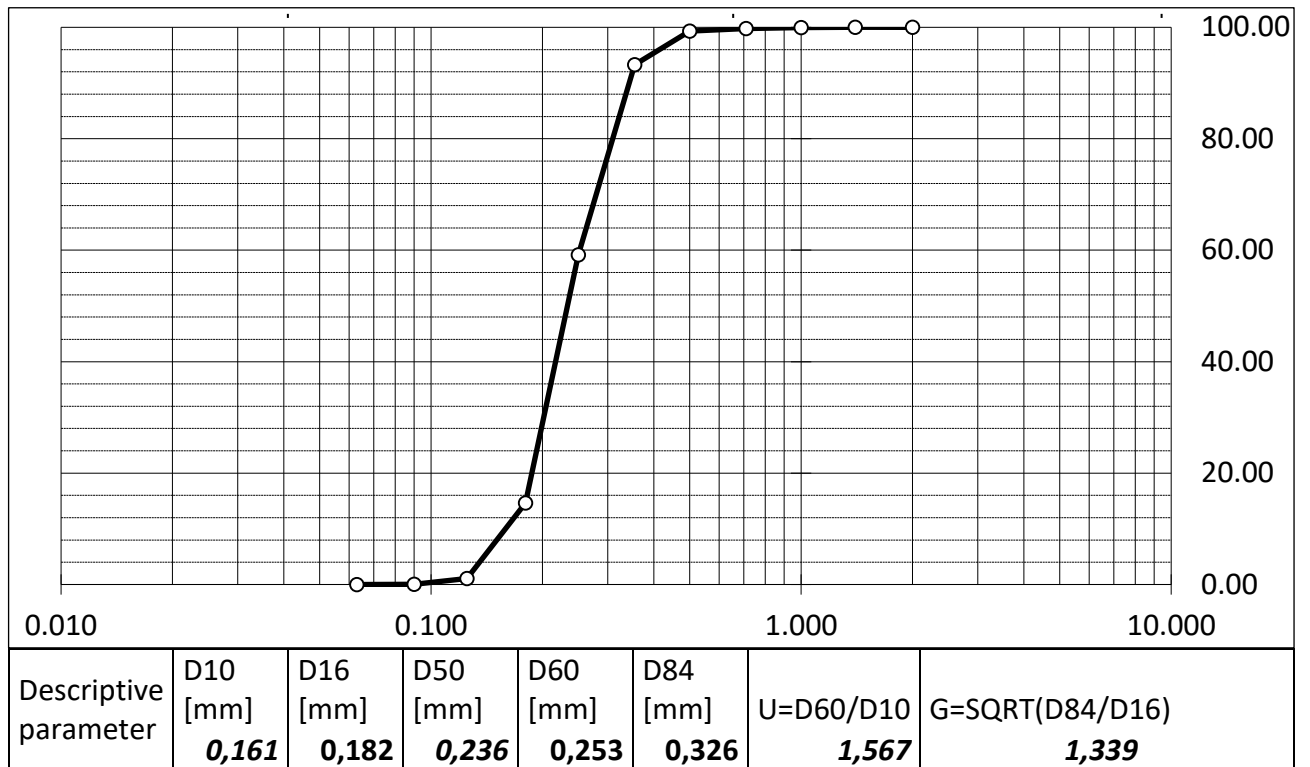
Densitetsberegningerne på de tørre sedimentprøver fandt, at prøverne i gennemsnit befandt sig indenfor det man forventer for quartzsand.

## BILAG

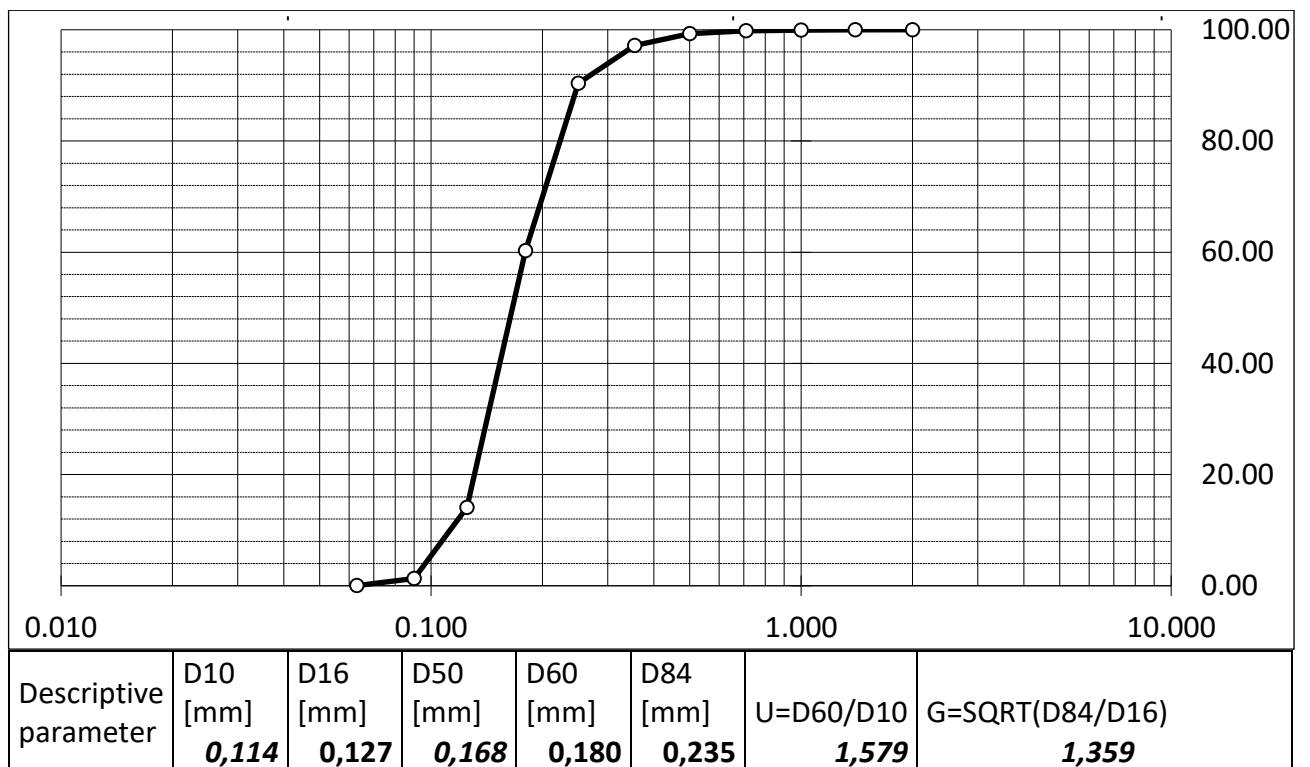


## BILAG A – Kornkurver

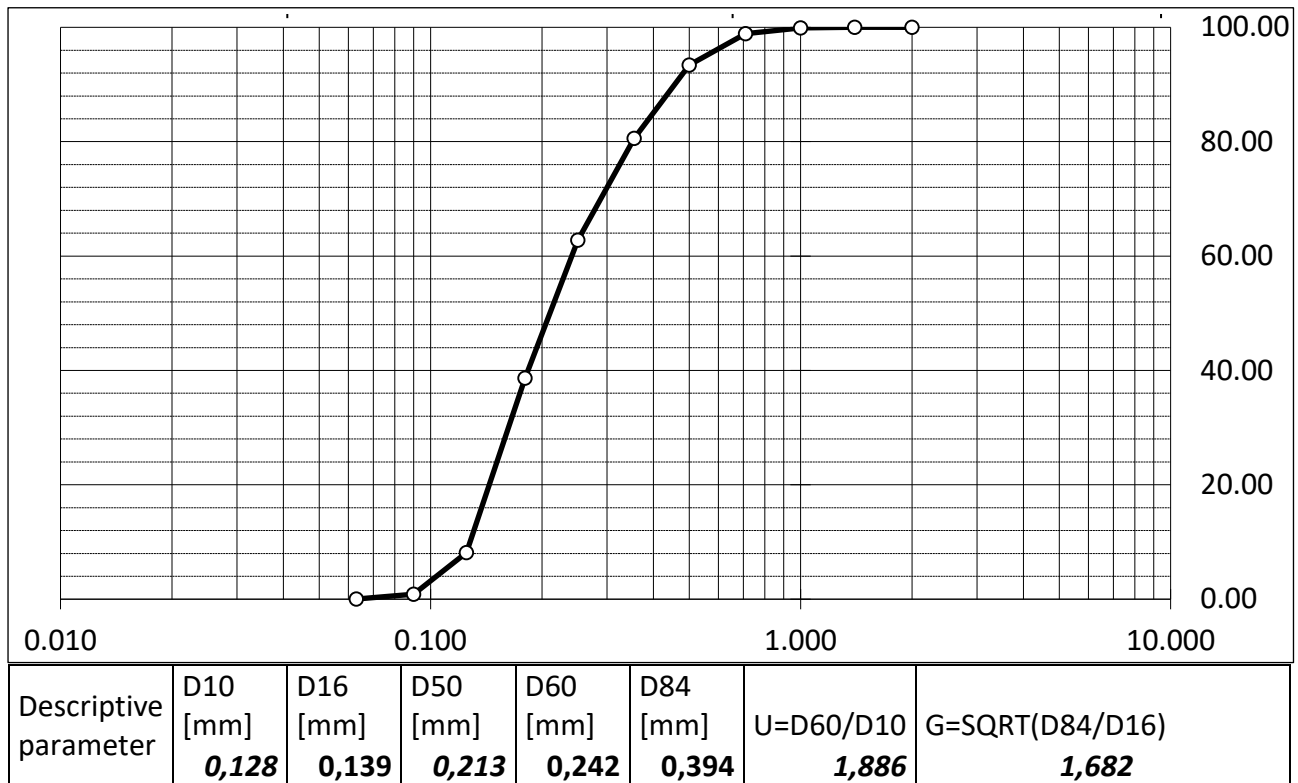




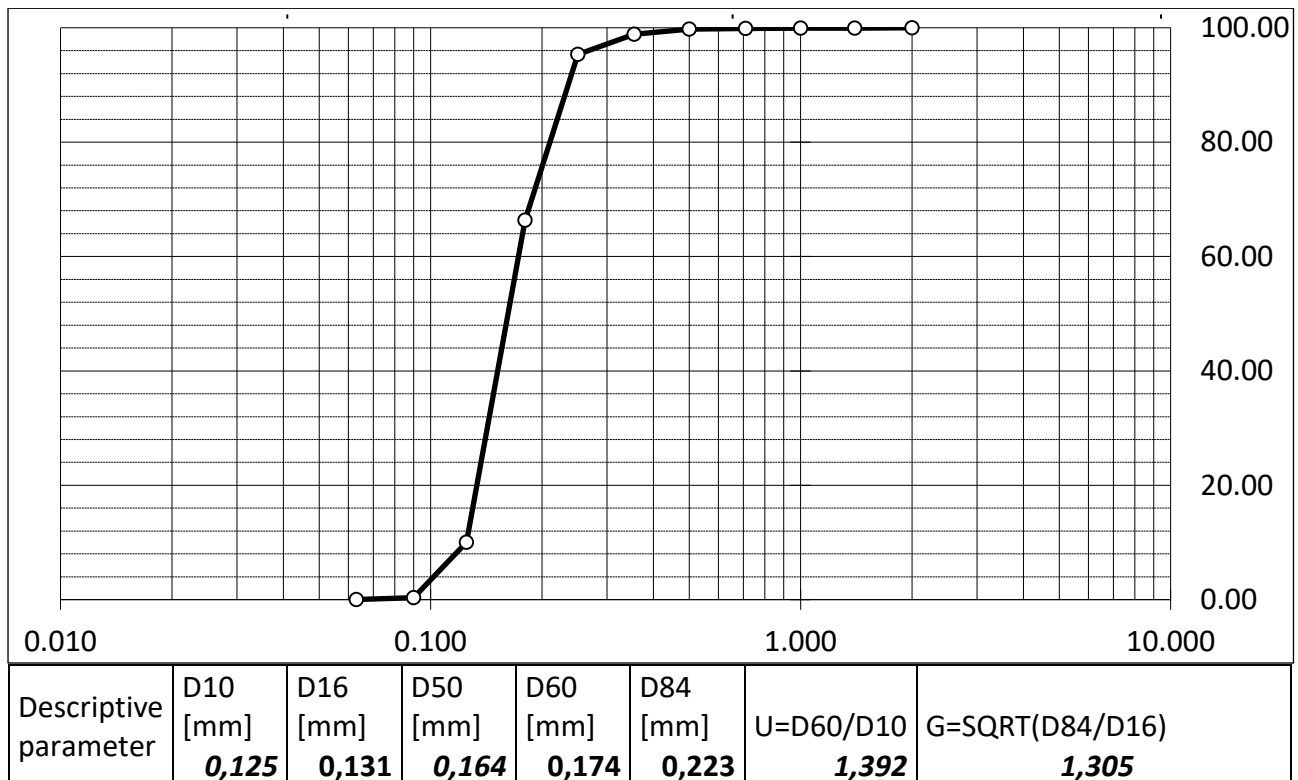
Figur A.1: Prøve 20-1



Figur A.2: Prøve 30-1

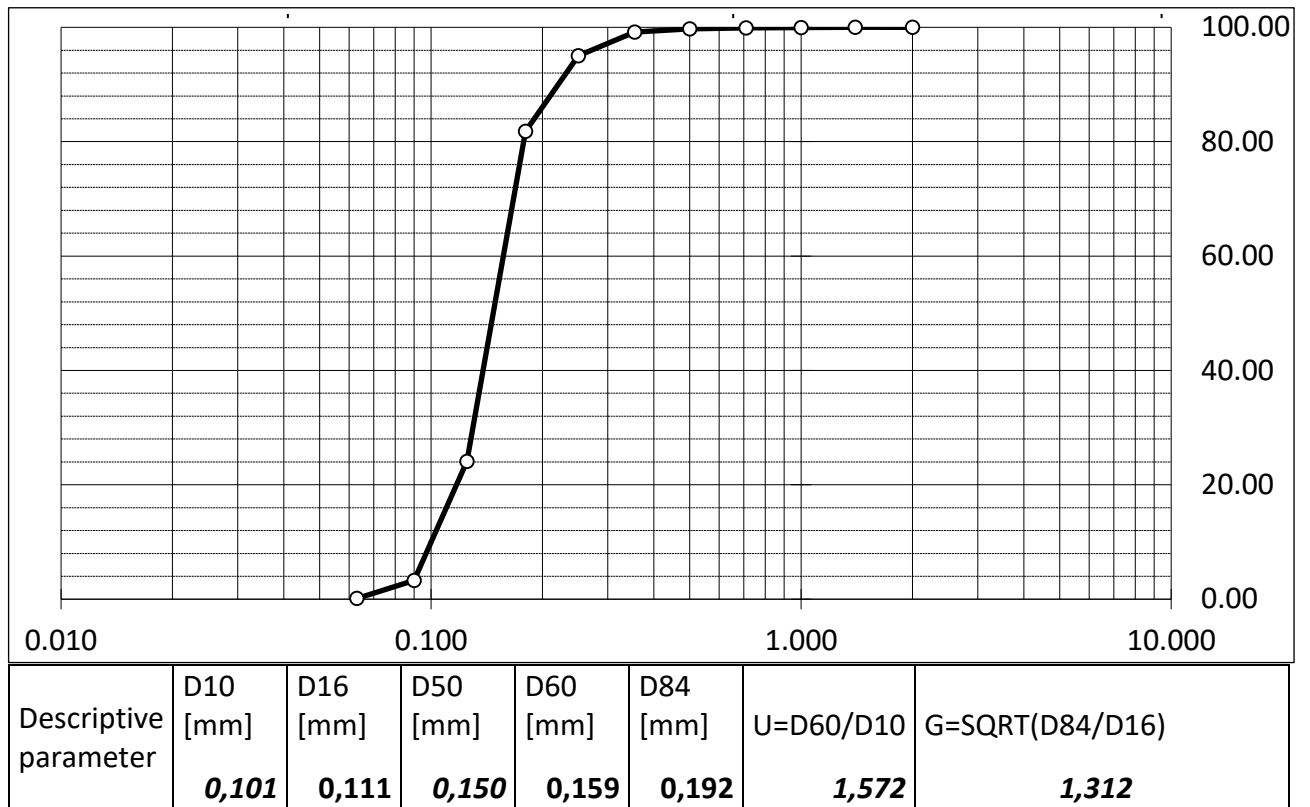


Figur A.3: Prøve 30-2

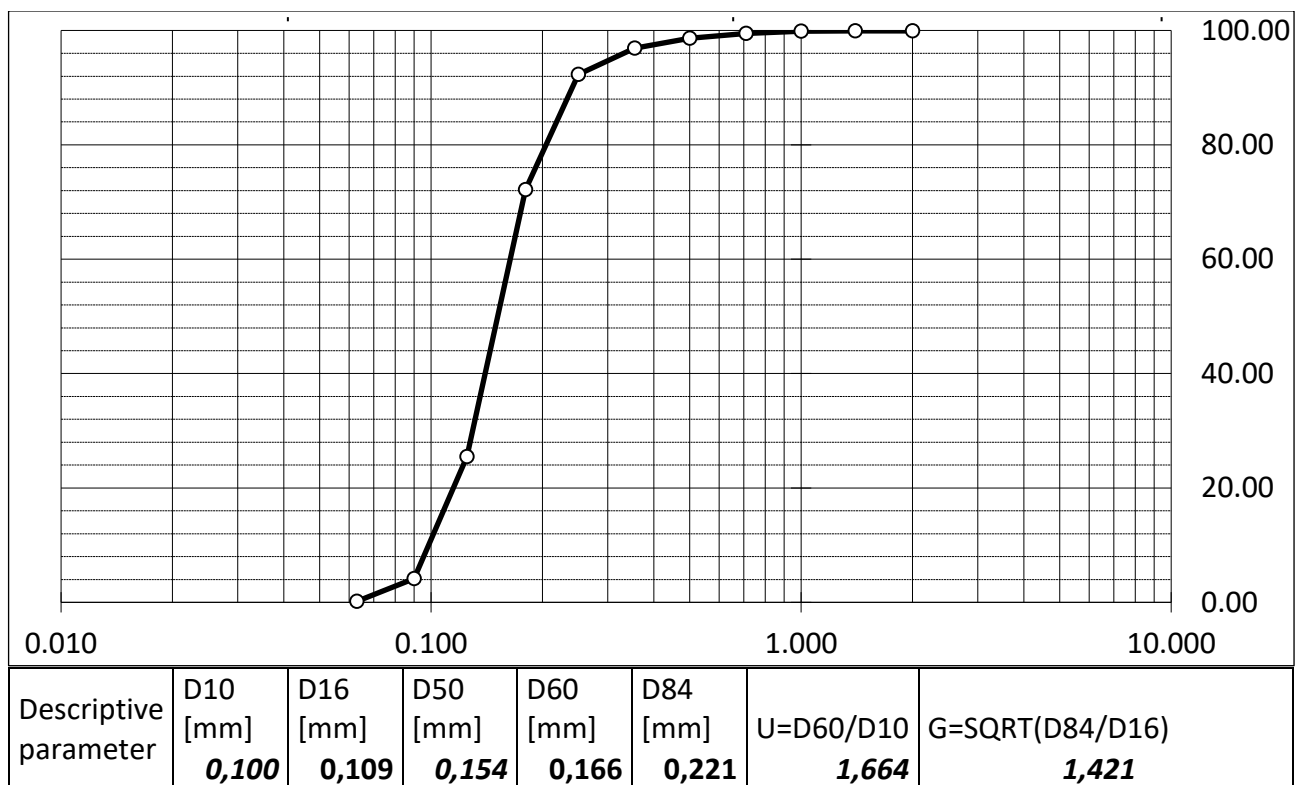


Figur A.4: Prøve 40-1

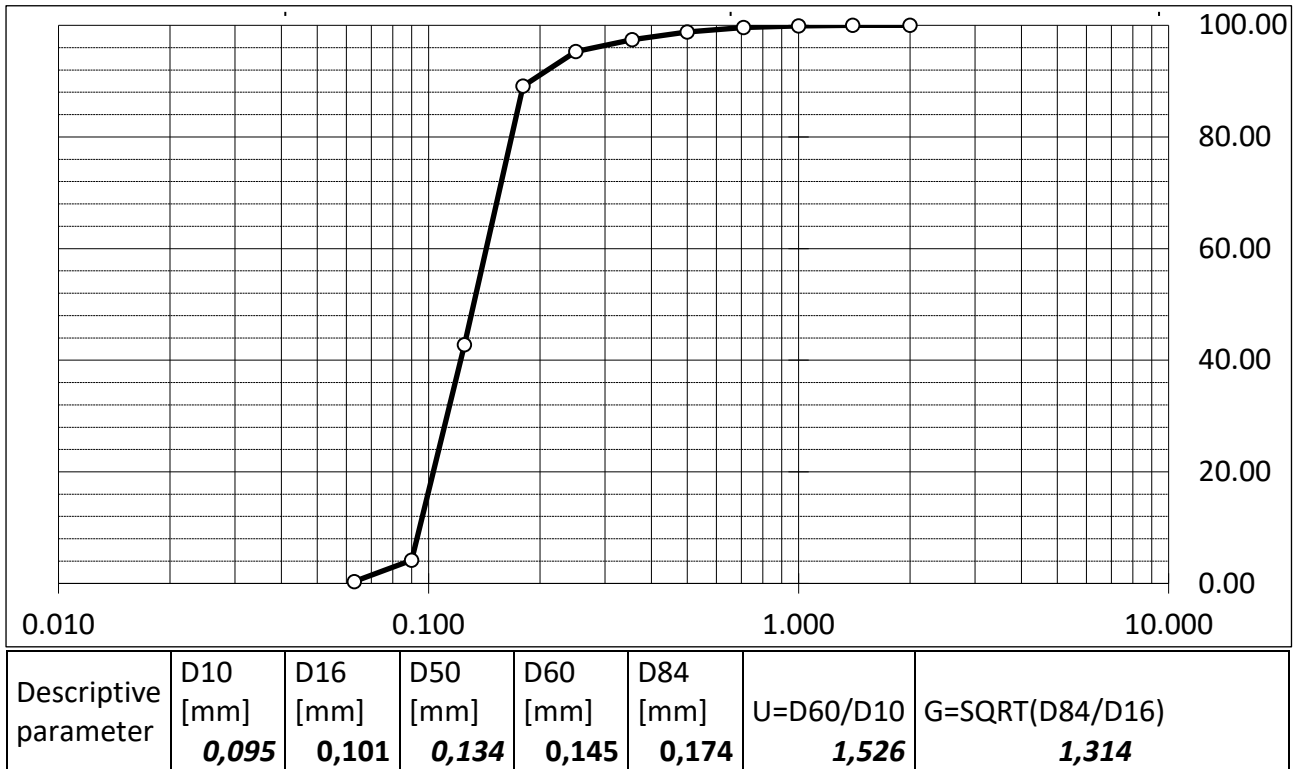




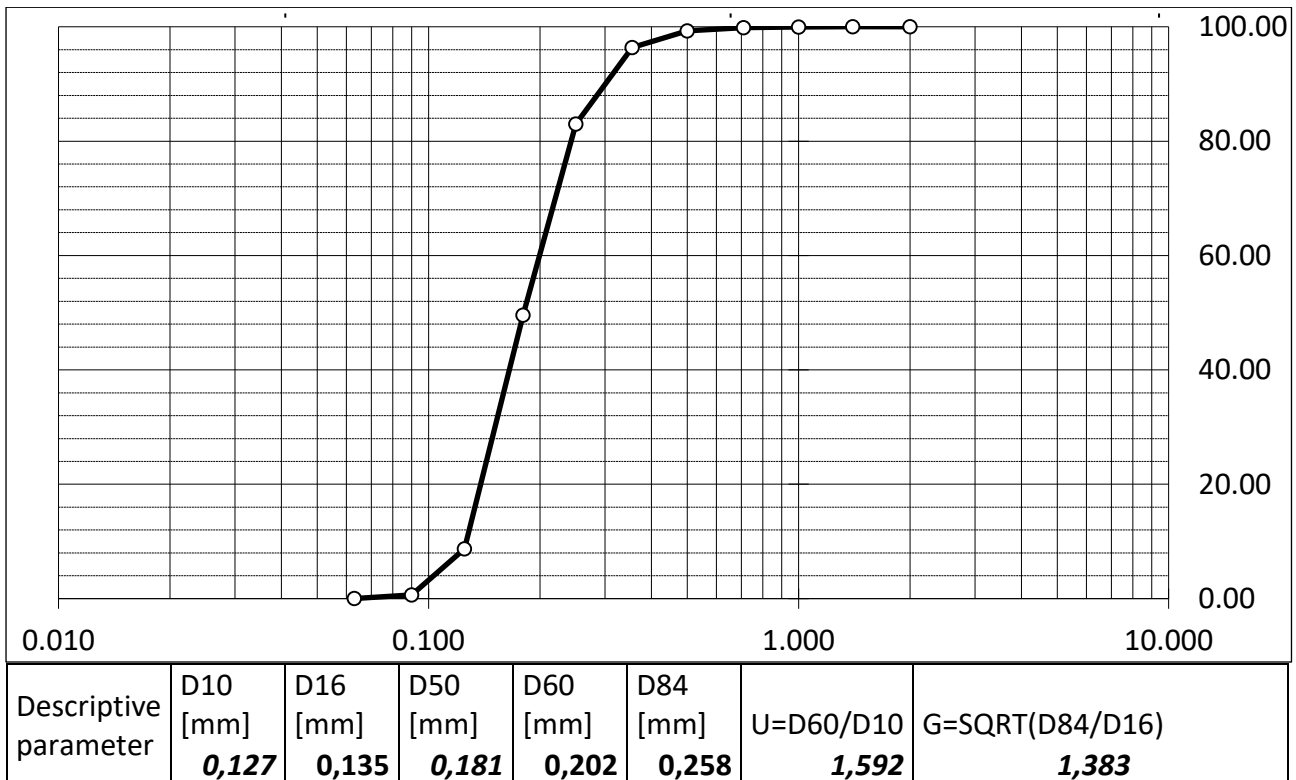
Figur A.5: Prøve 40-2



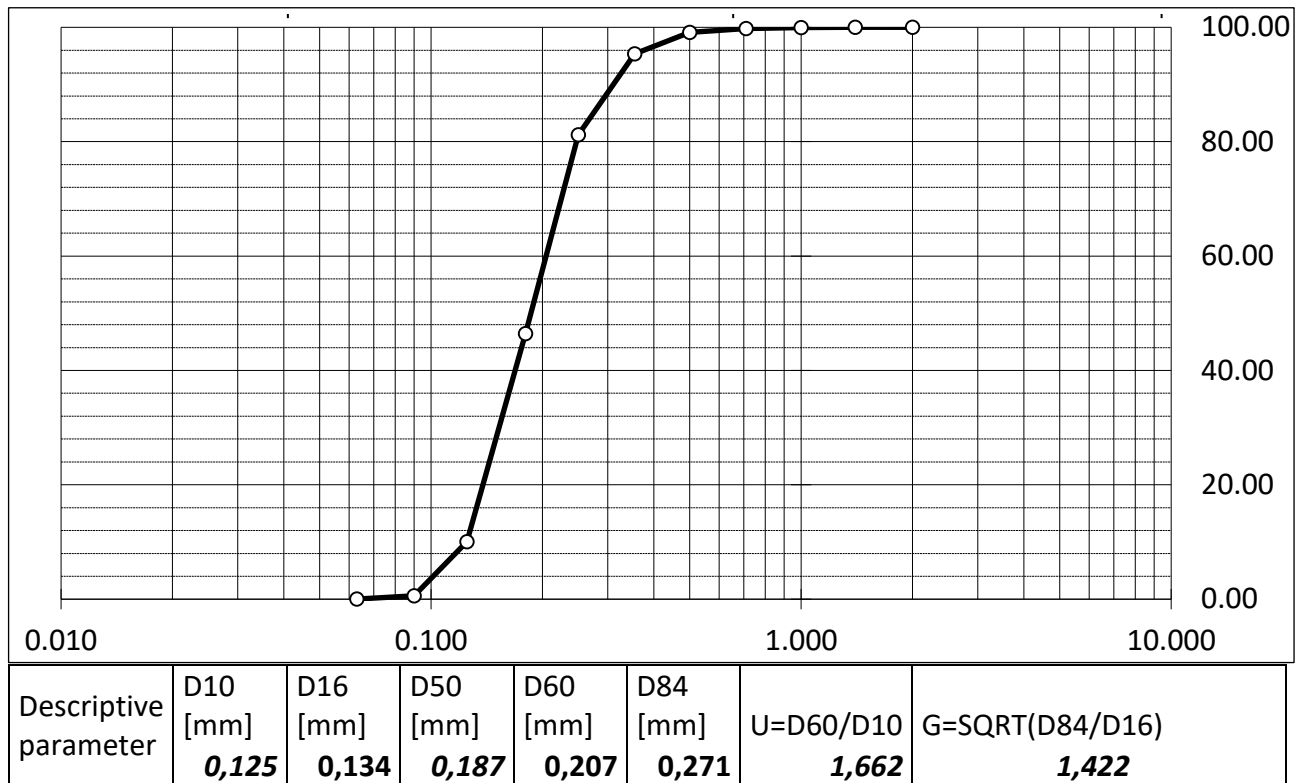
Figur A.6: Prøve 50-1



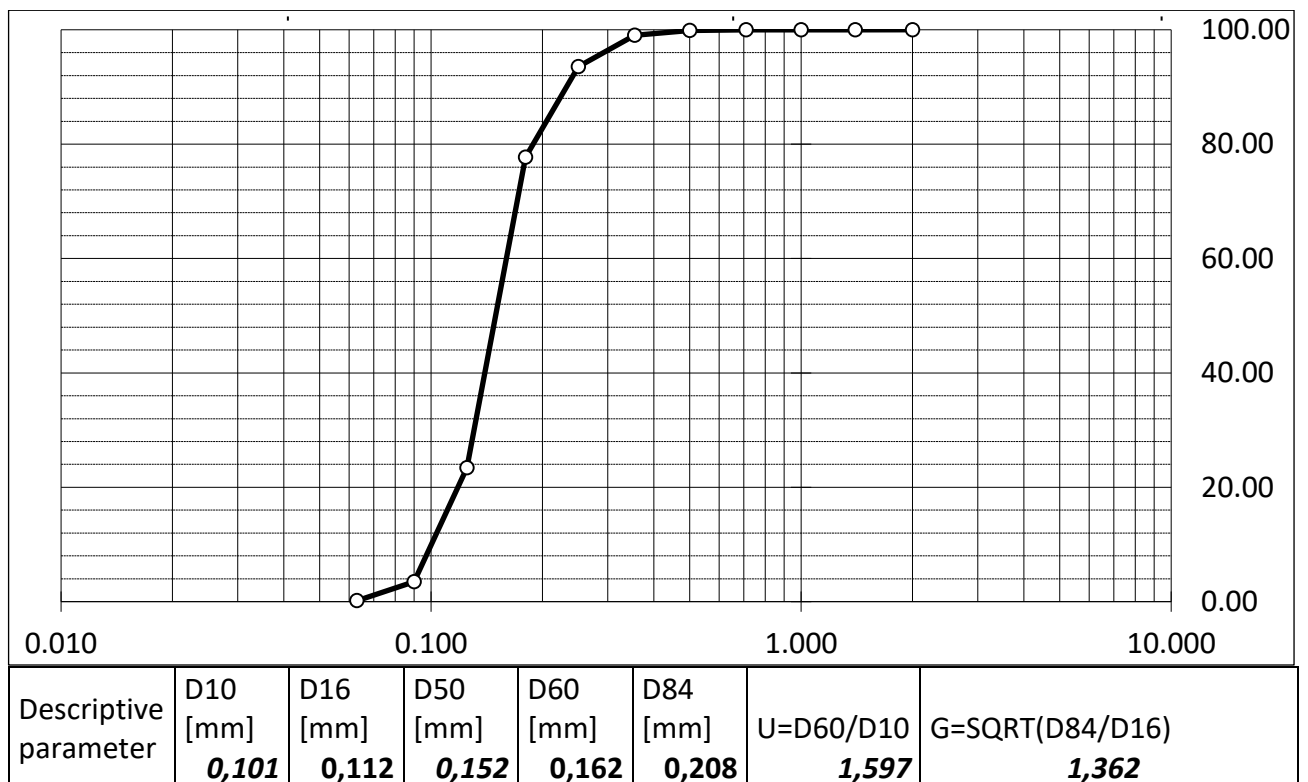
Figur A.7: Prøve 50-2



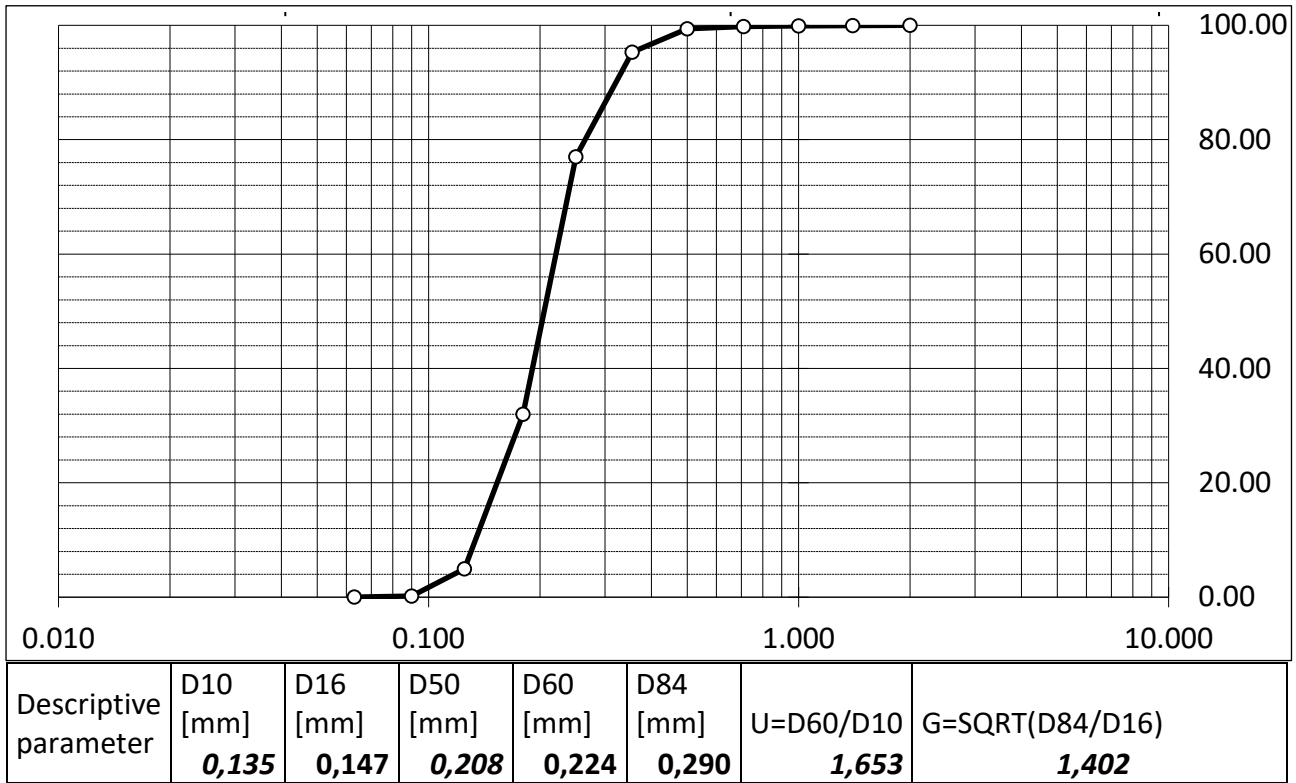
Figur A.8: Prøve 60-1



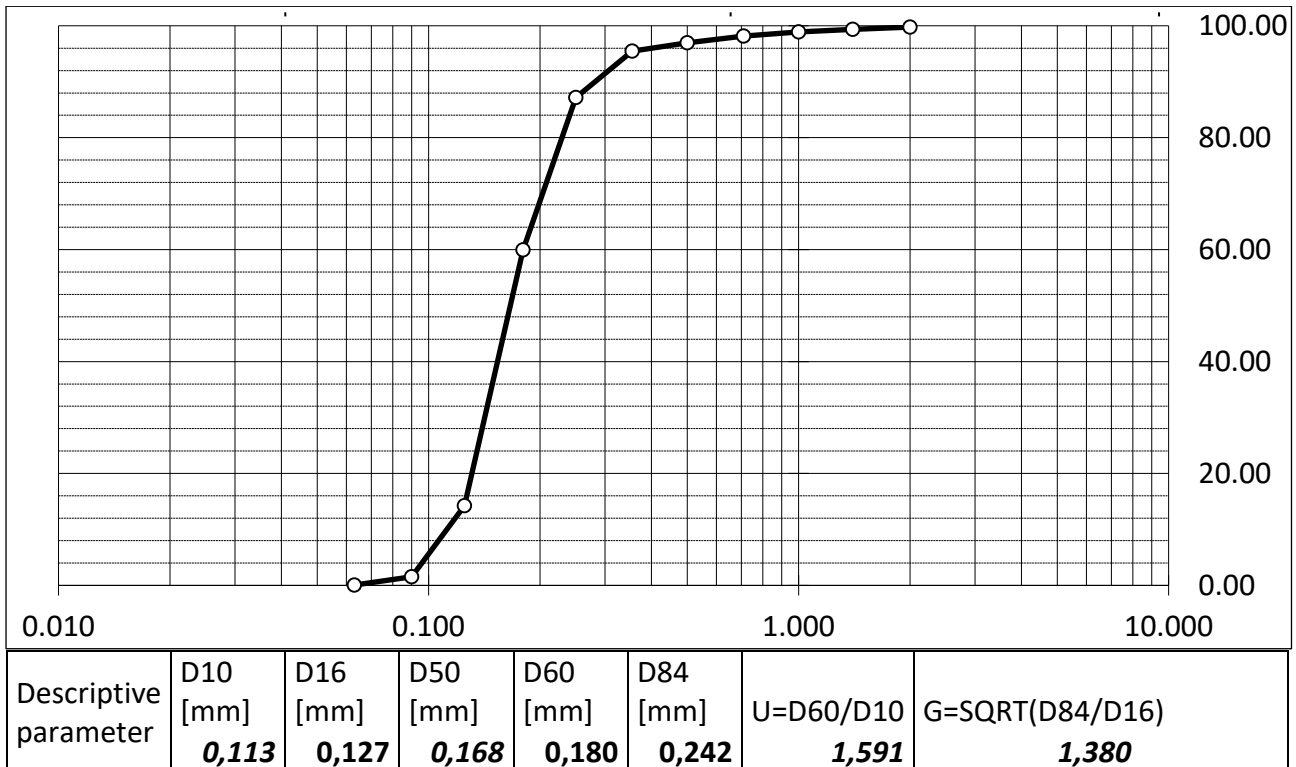
Figur A.9: Prøve 70-1



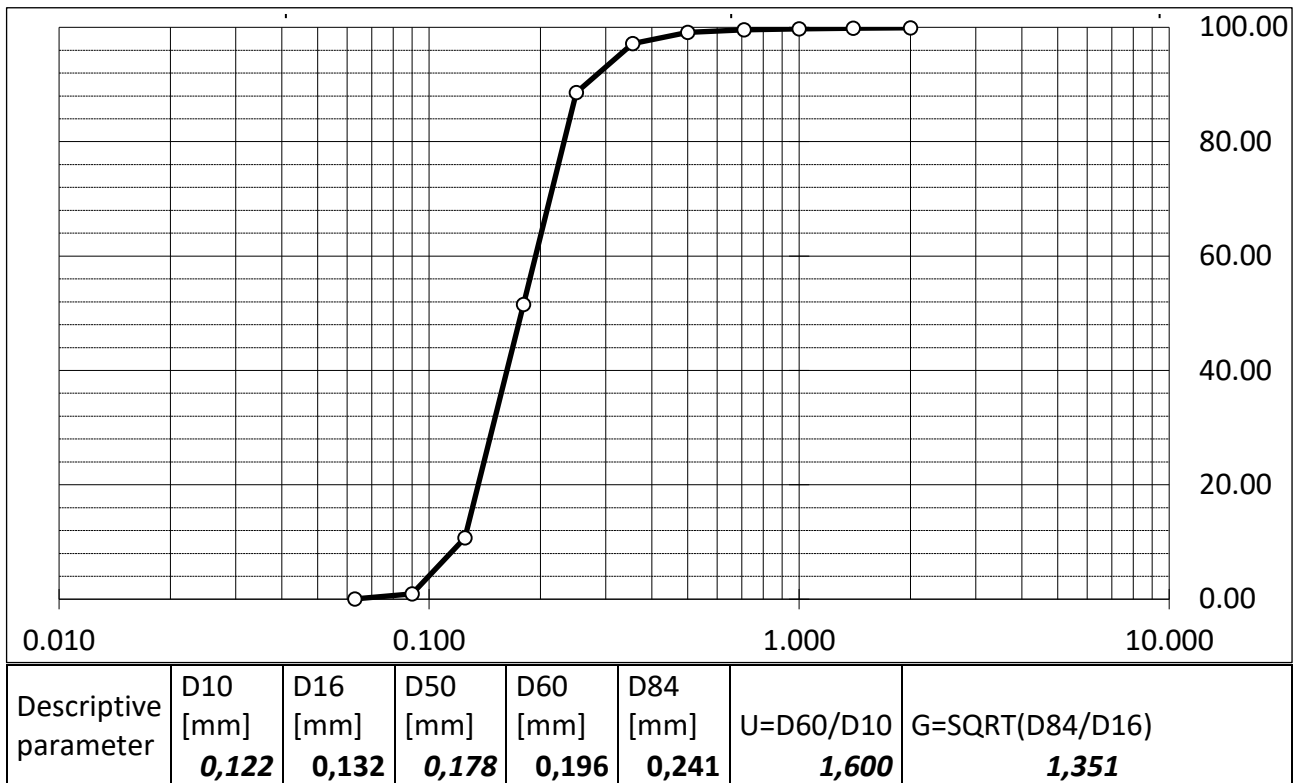
Figur A.10: Prøve 70-2



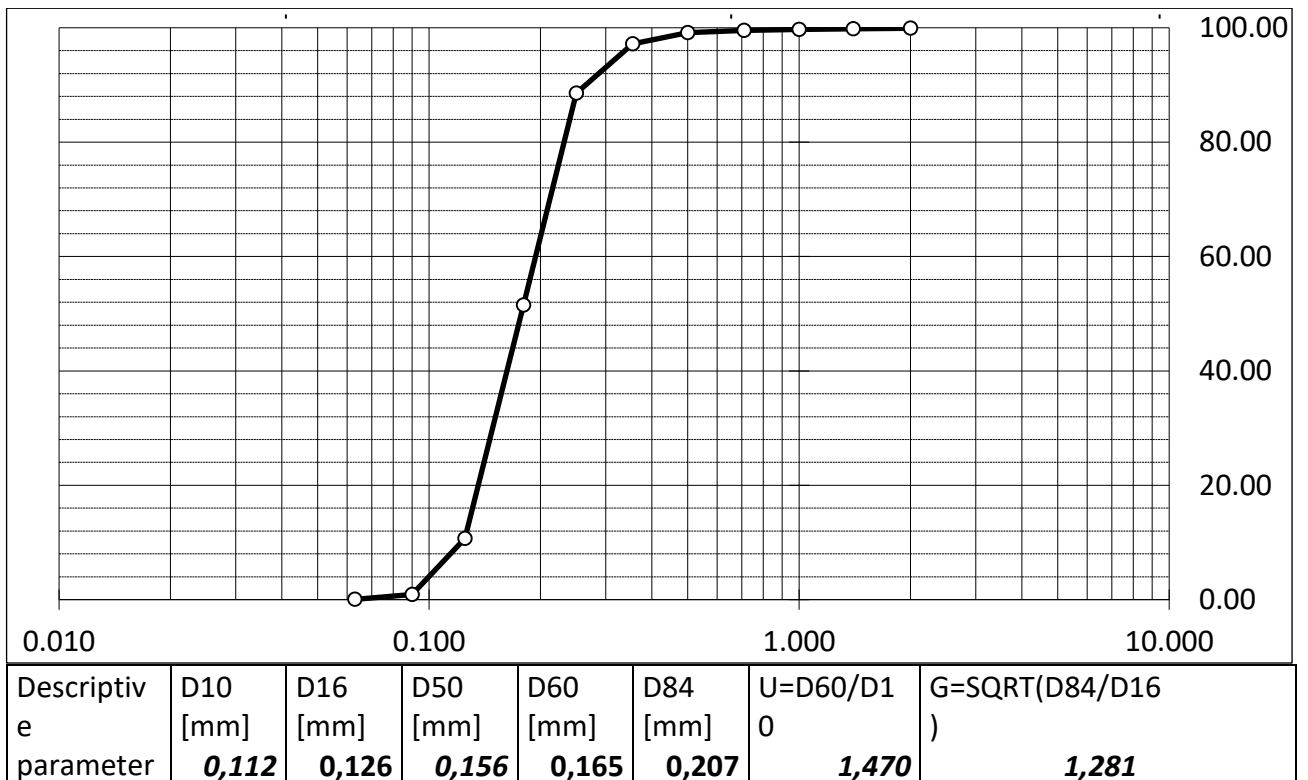
Figur A.11: Prøve 80-1



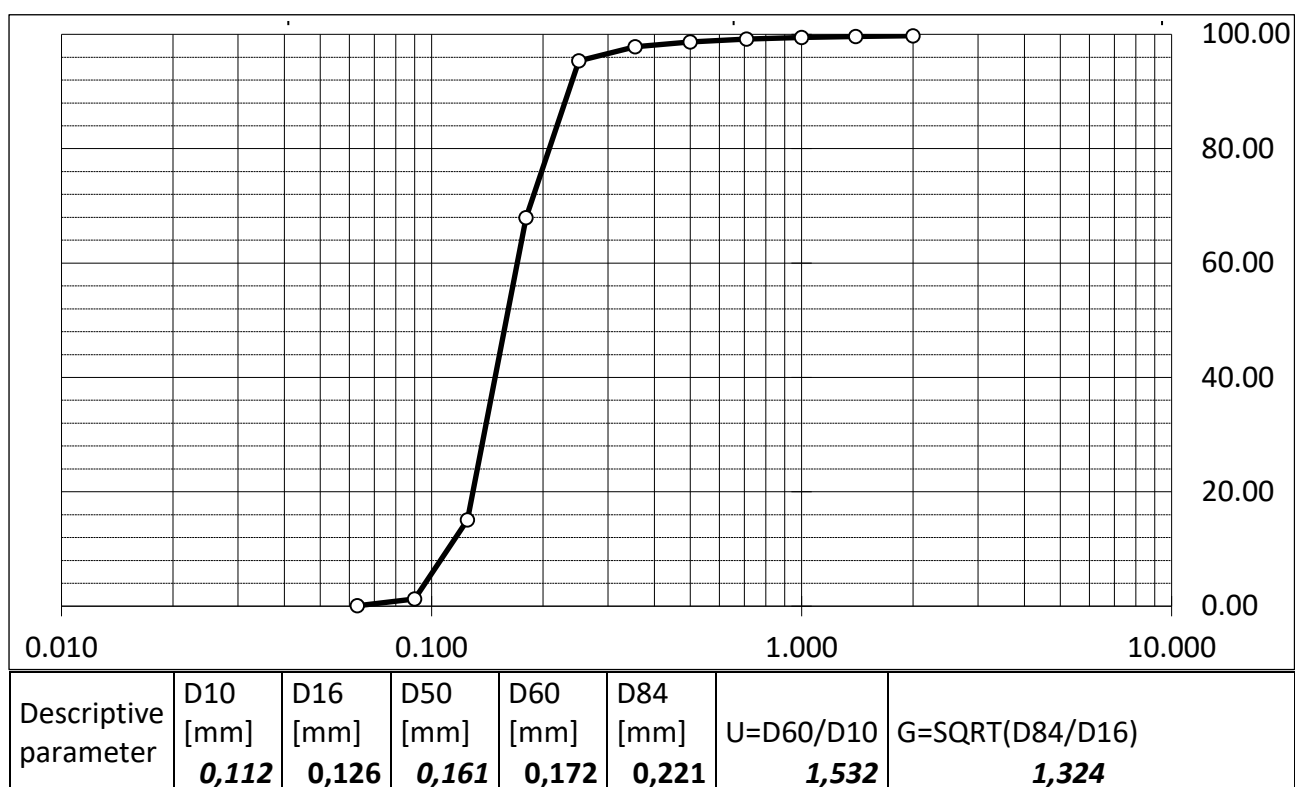
Figur A.12: Prøve 80-2



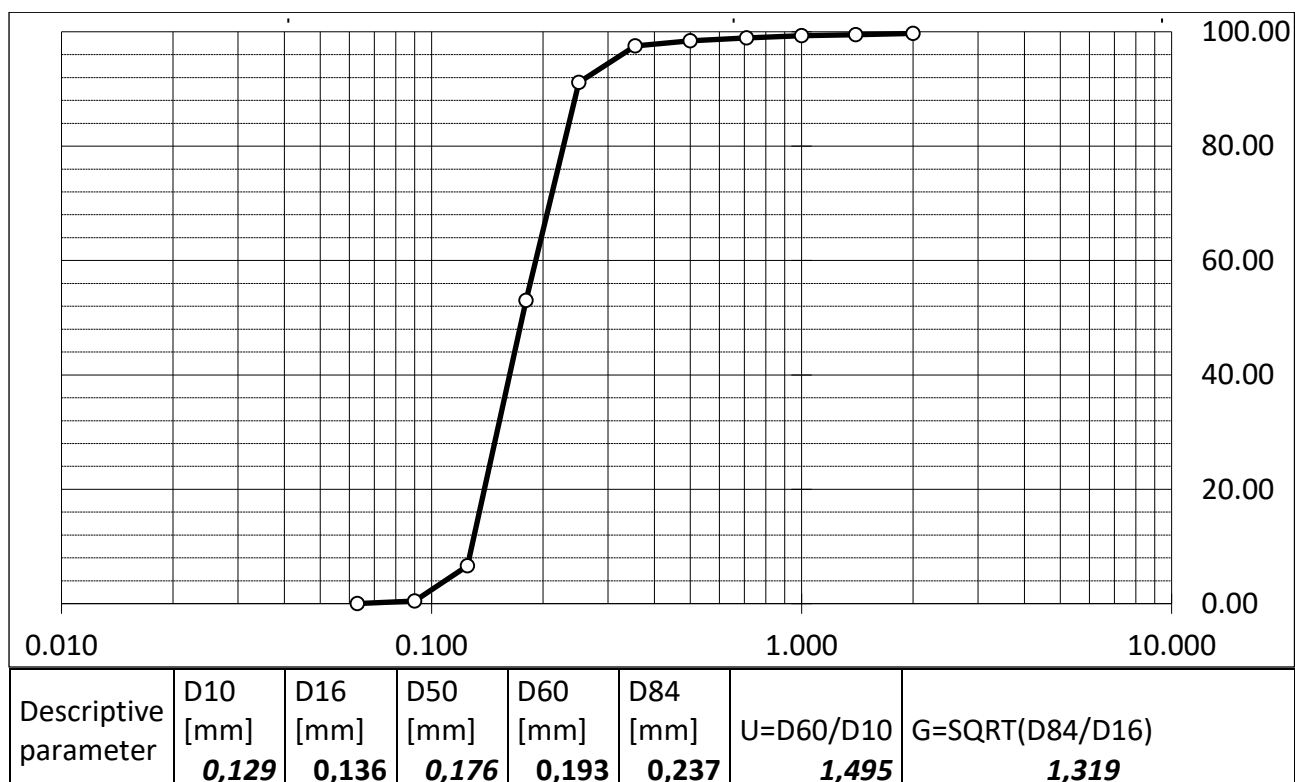
Figur A.13: Prøve 90-1



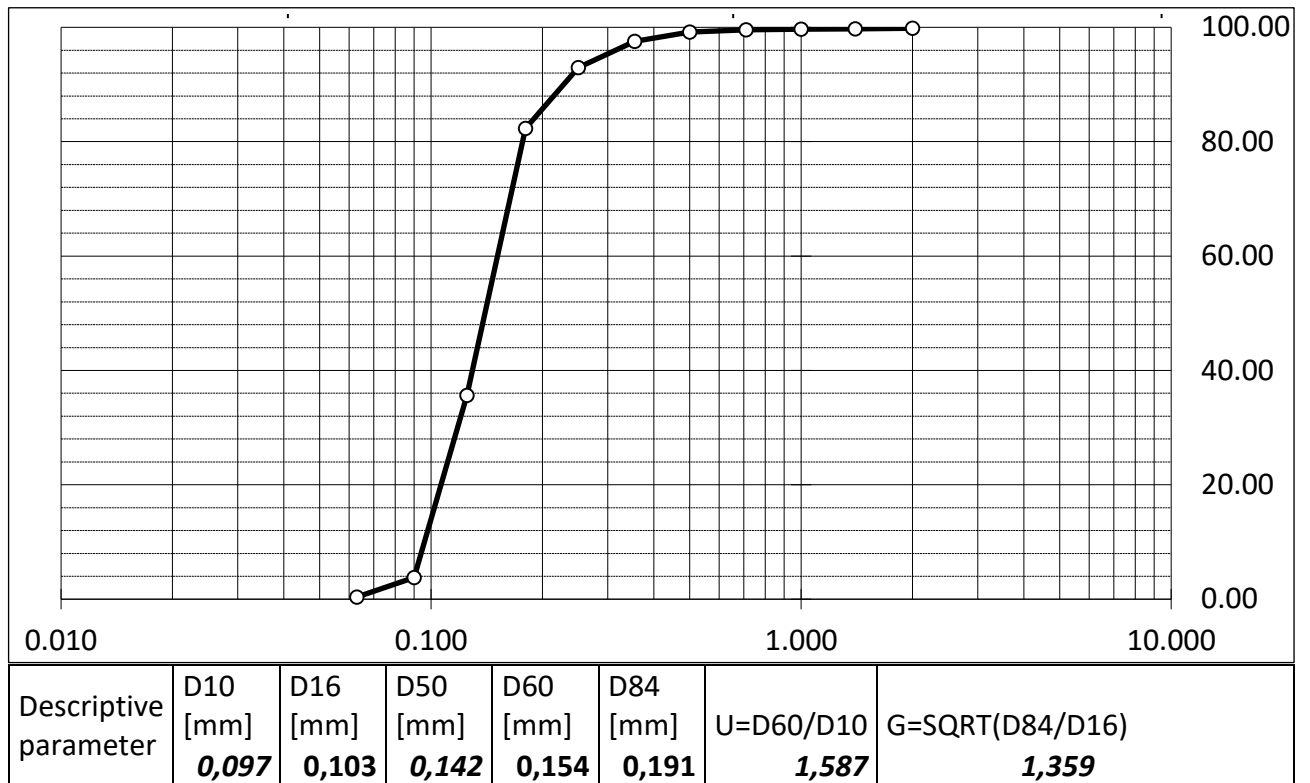
Figur A.14: Prøve 90-2



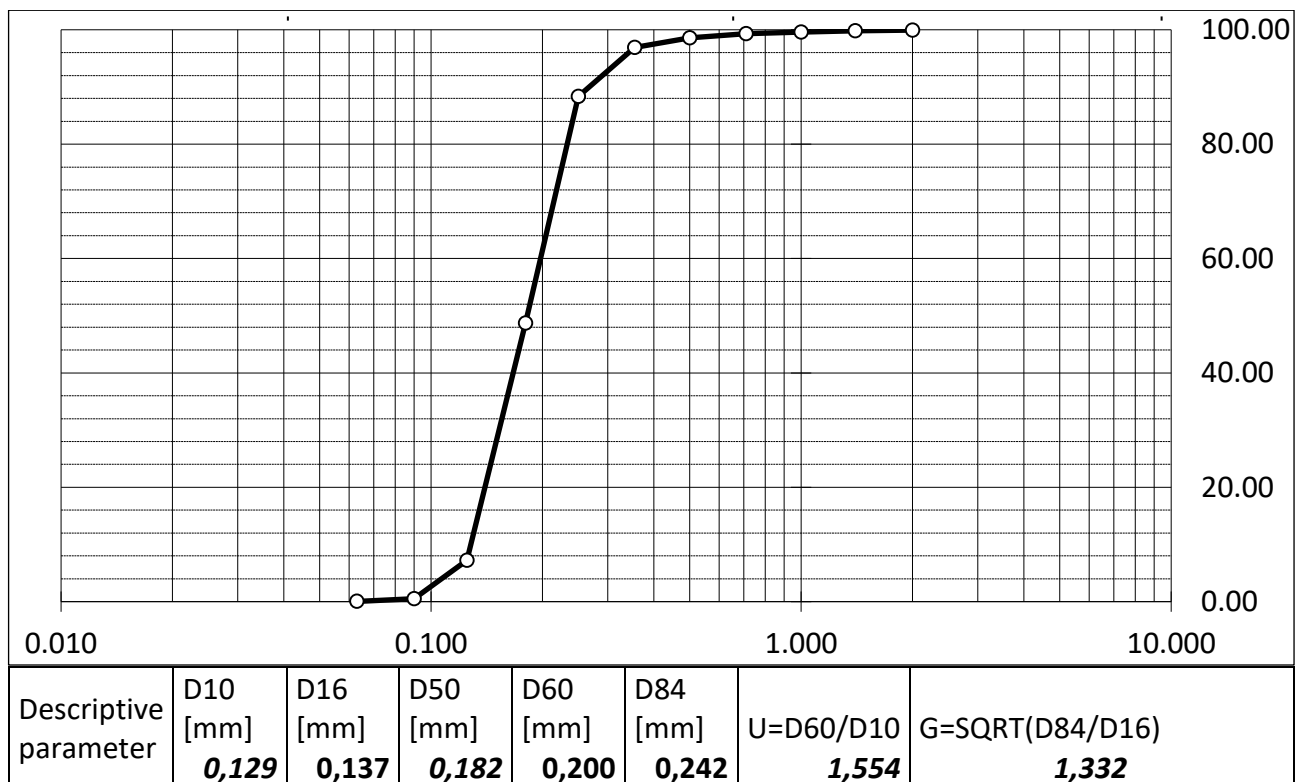
Figur A.15: Prøve 100-1



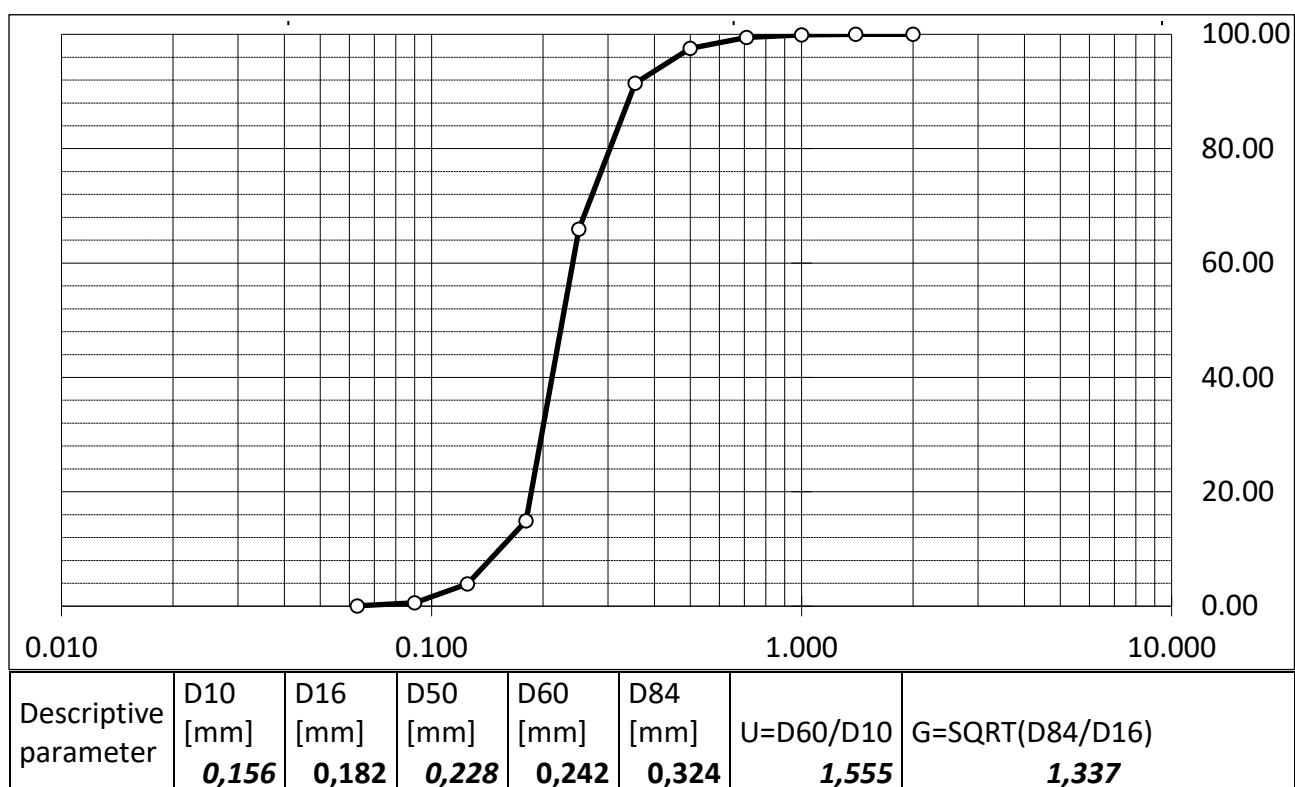
Figur A.16: Prøve 110-1



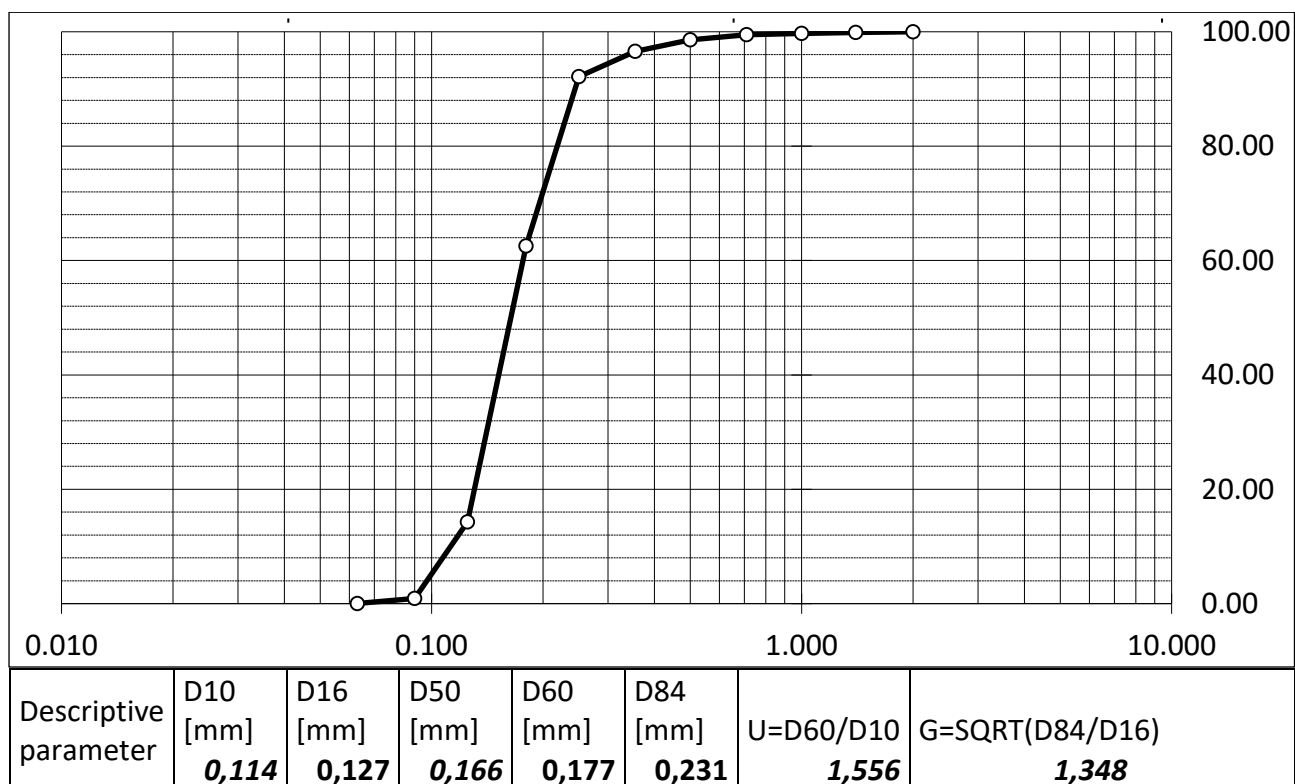
Figur A.17: Prøve 110-2



Figur A.18: Prøve 120-1

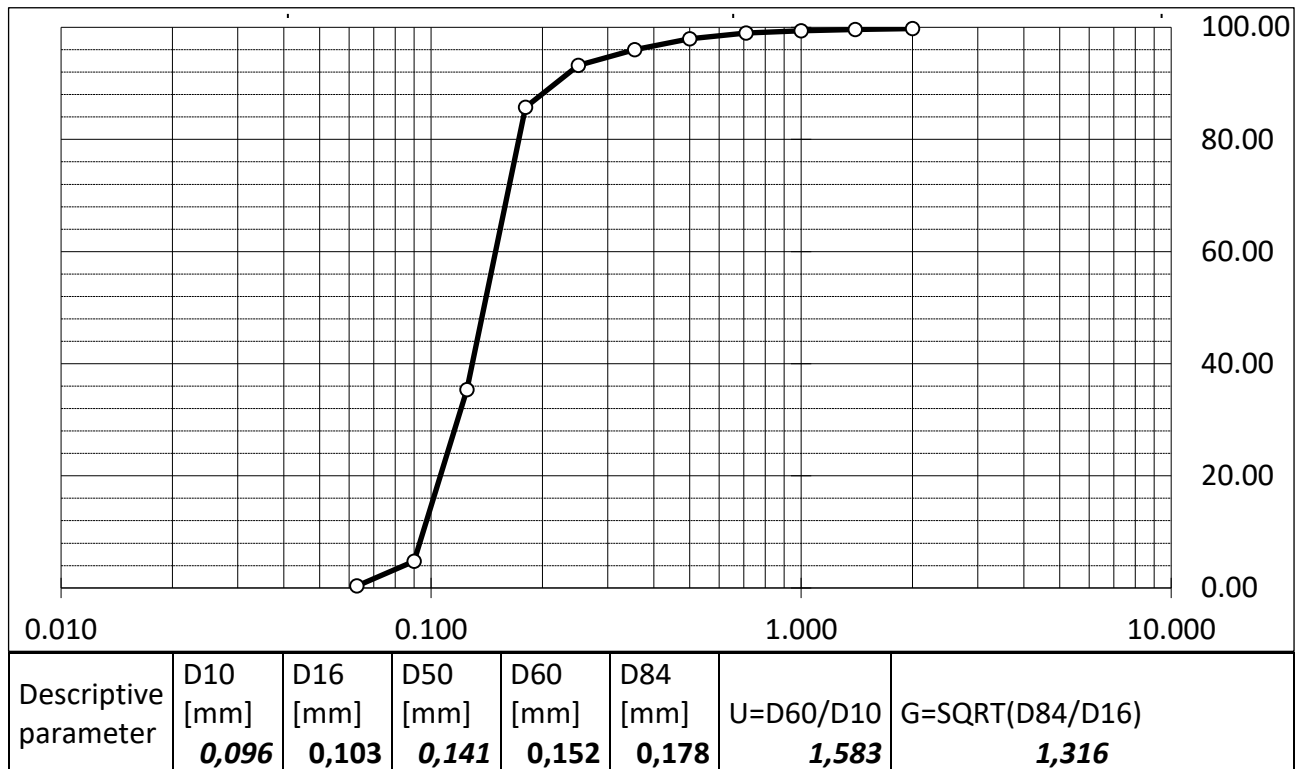


Figur A.19: Prøve 120-2

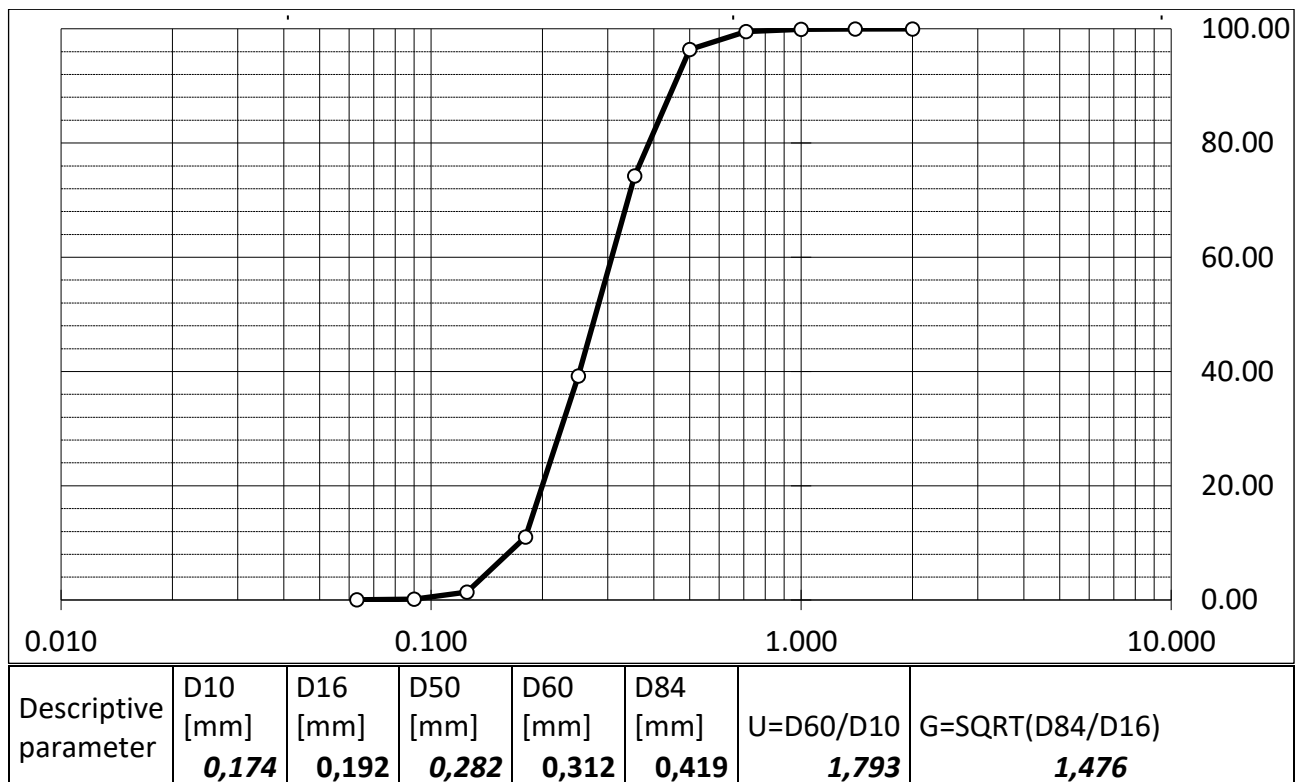


Figur A.20: Prøve 130-1

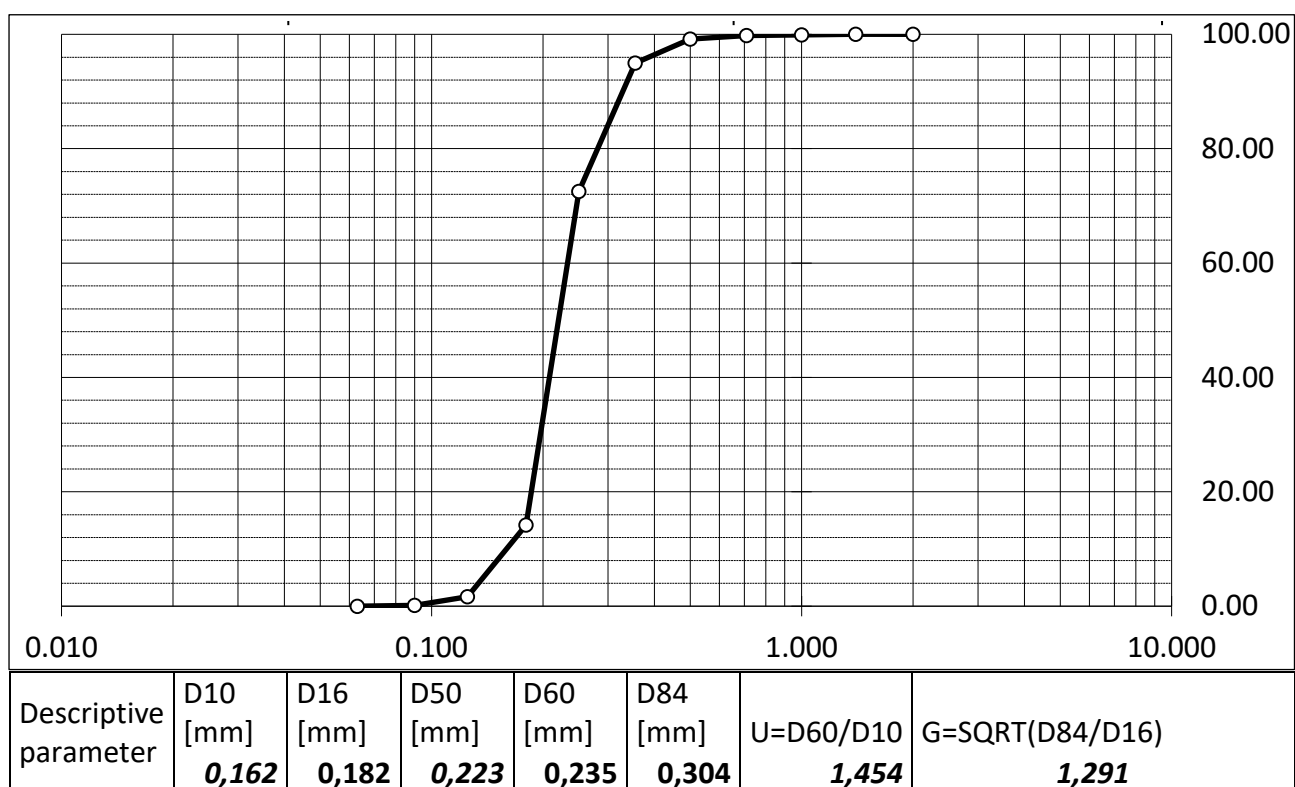




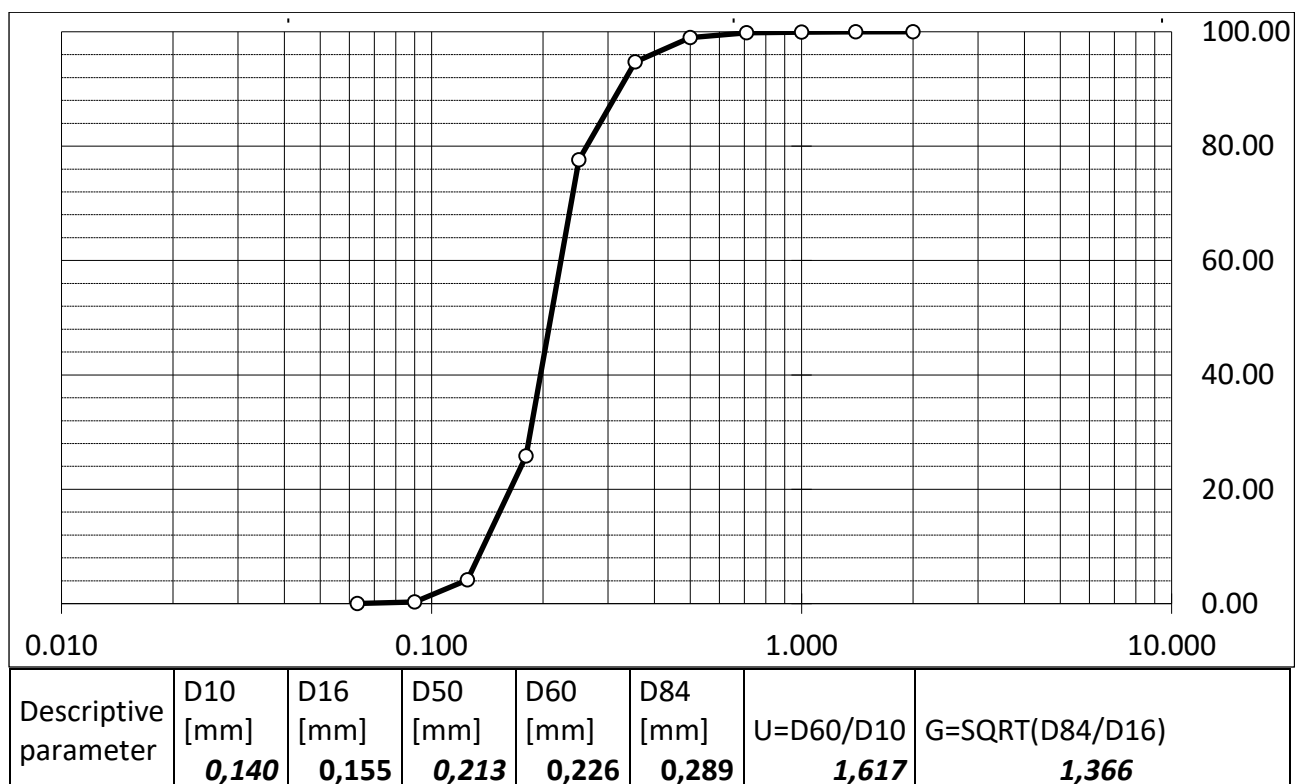
Figur A.21: Prøve 130-2



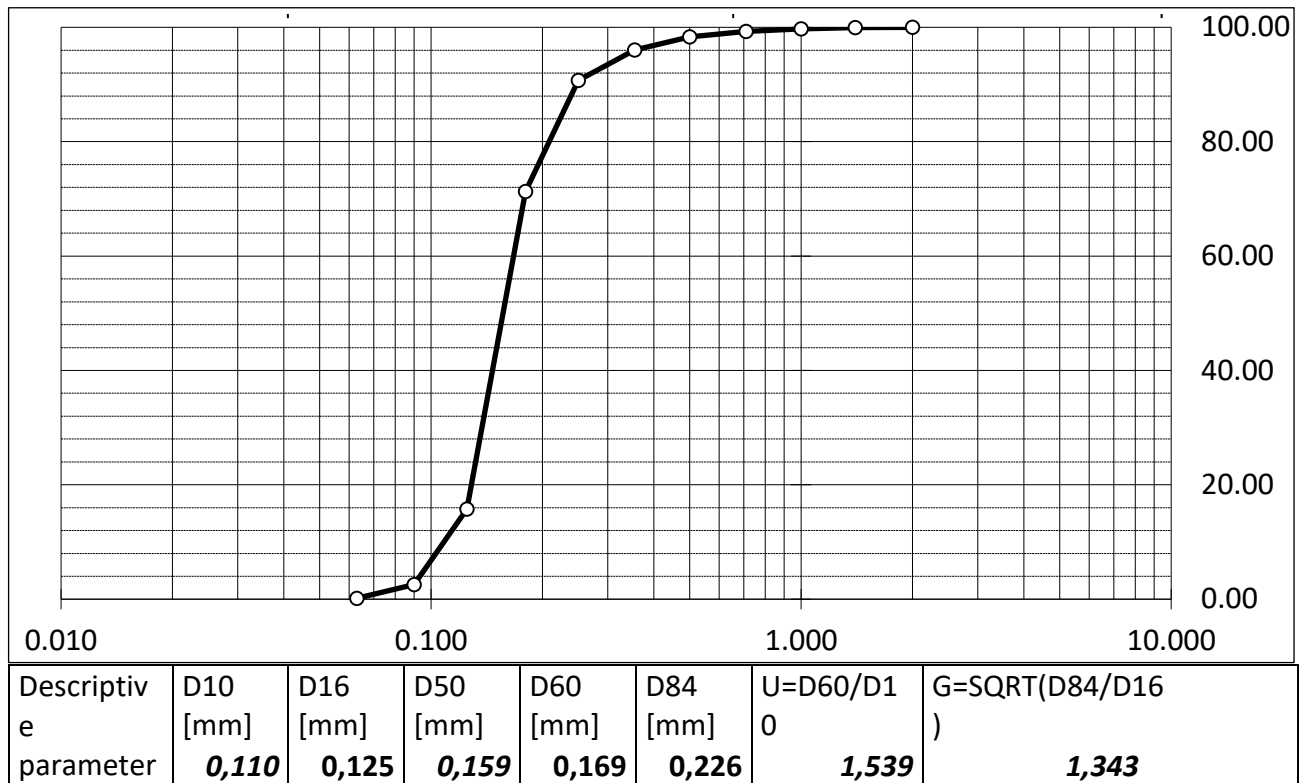
Figur A.22: Prøve 180-1



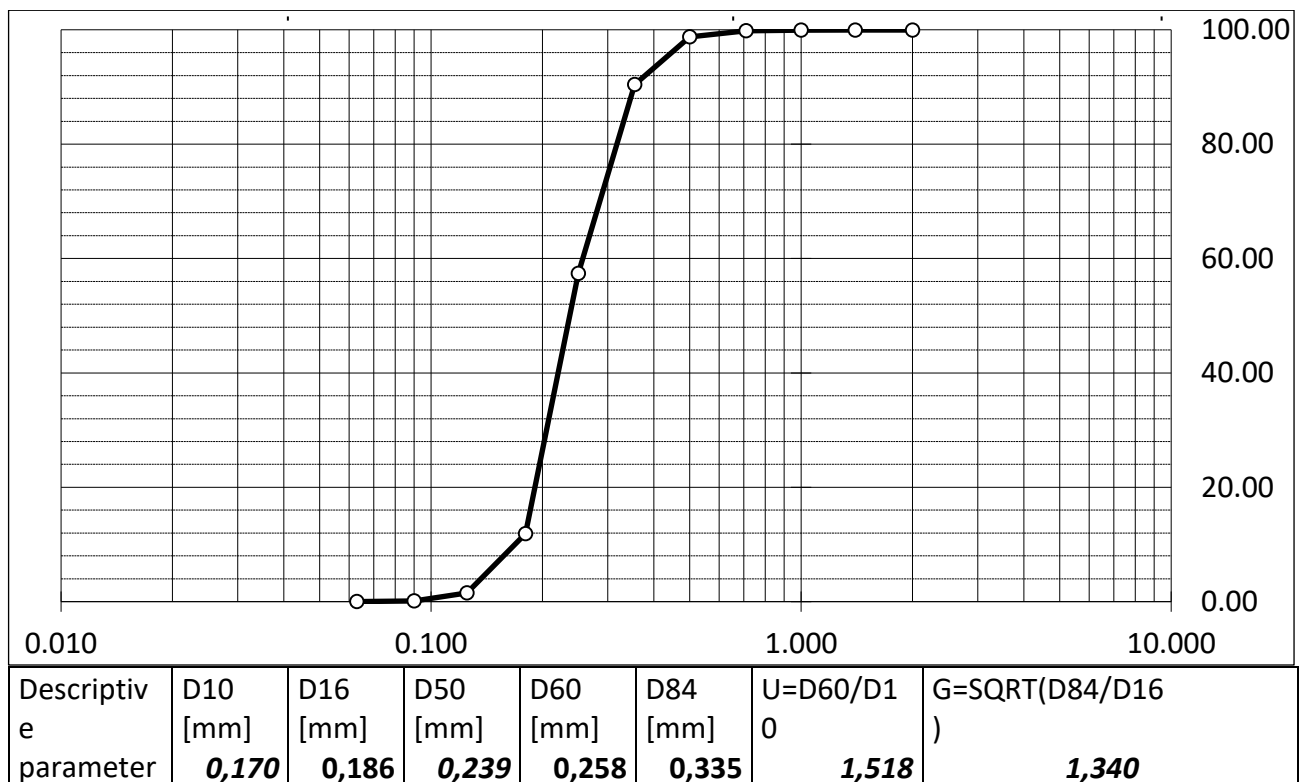
Figur A.23: Prøve 180-2



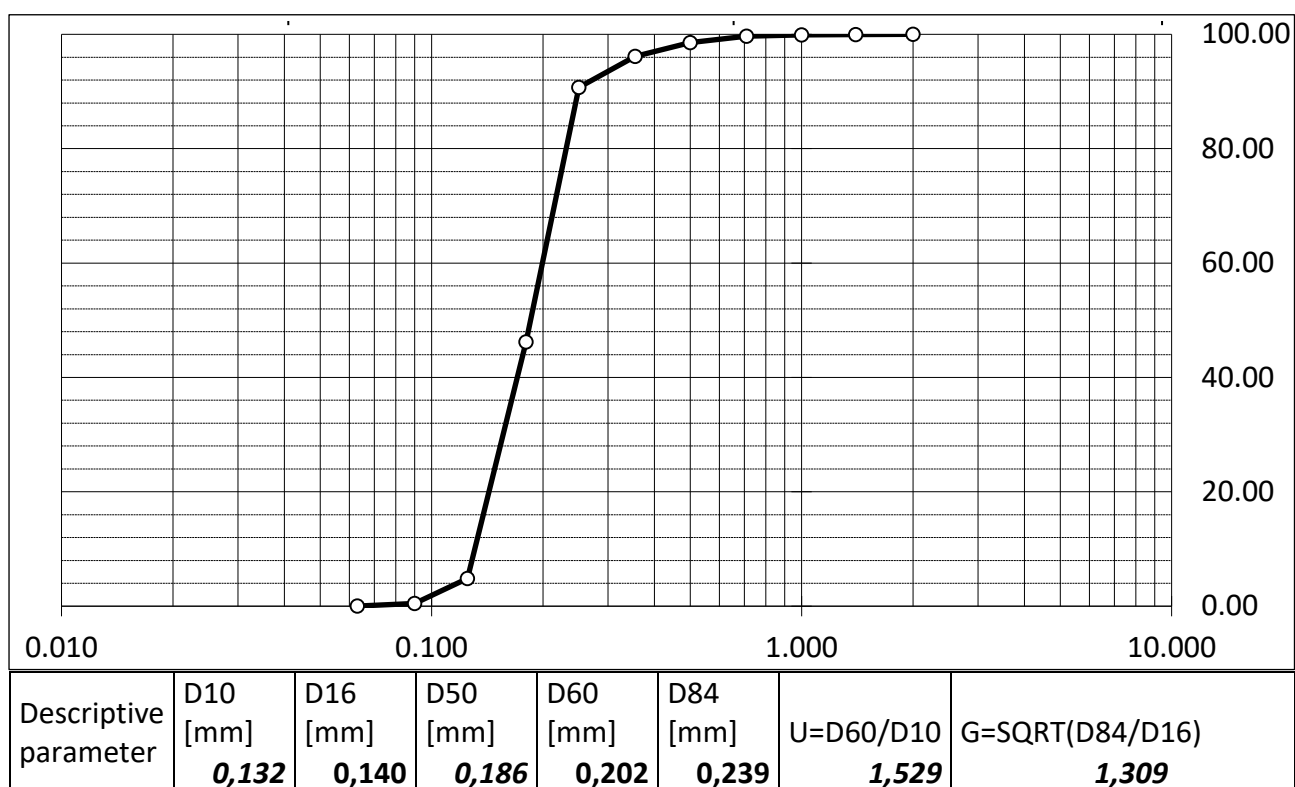
Figur A.24: Prøve 190-1



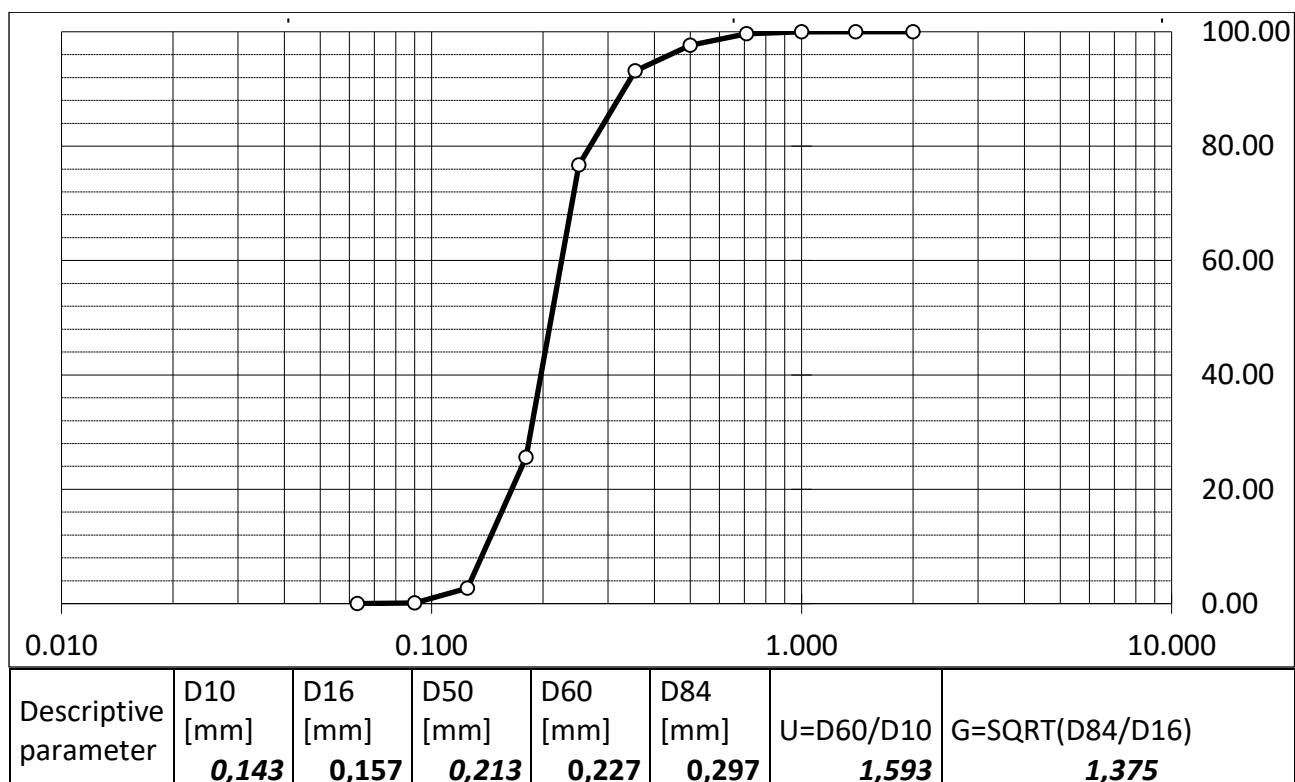
Figur A.25: Prøve 190-2



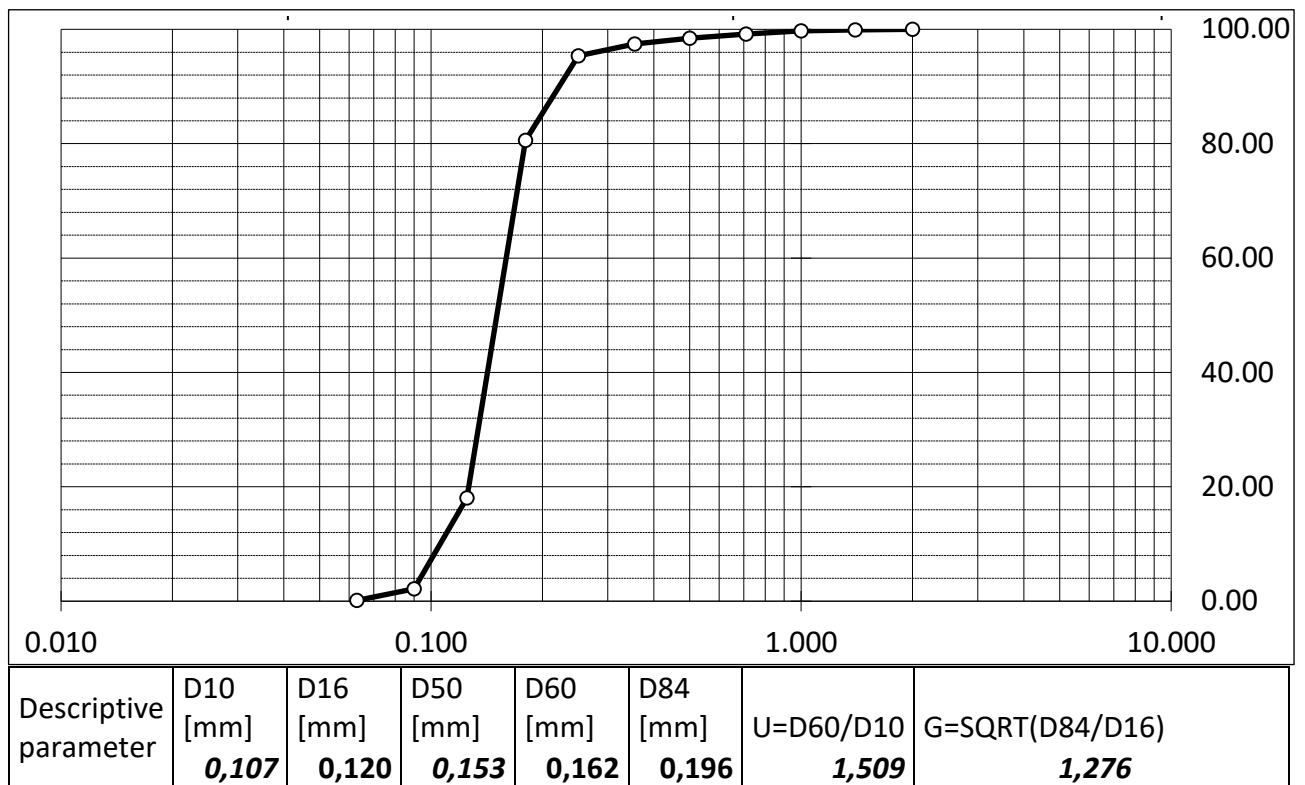
Figur A.26: Prøve 200-1



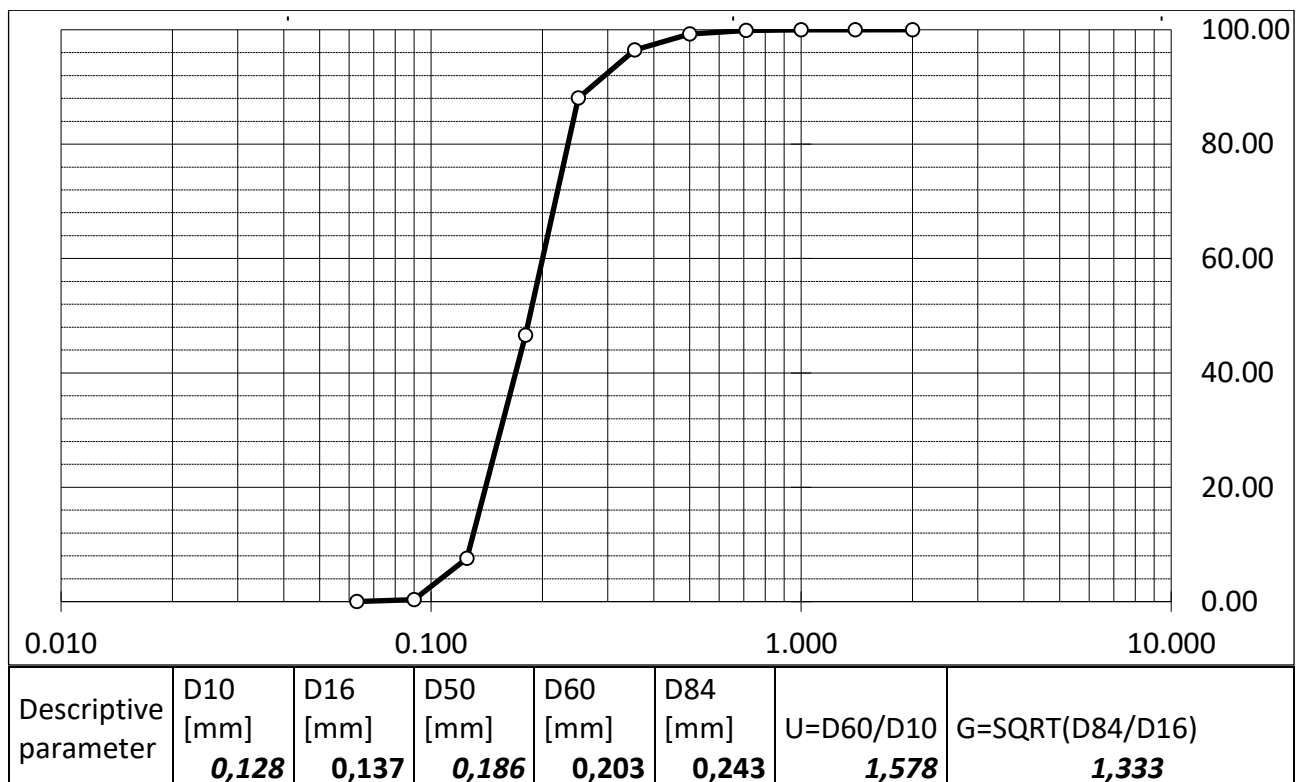
Figur A.27: Prøve 200-2



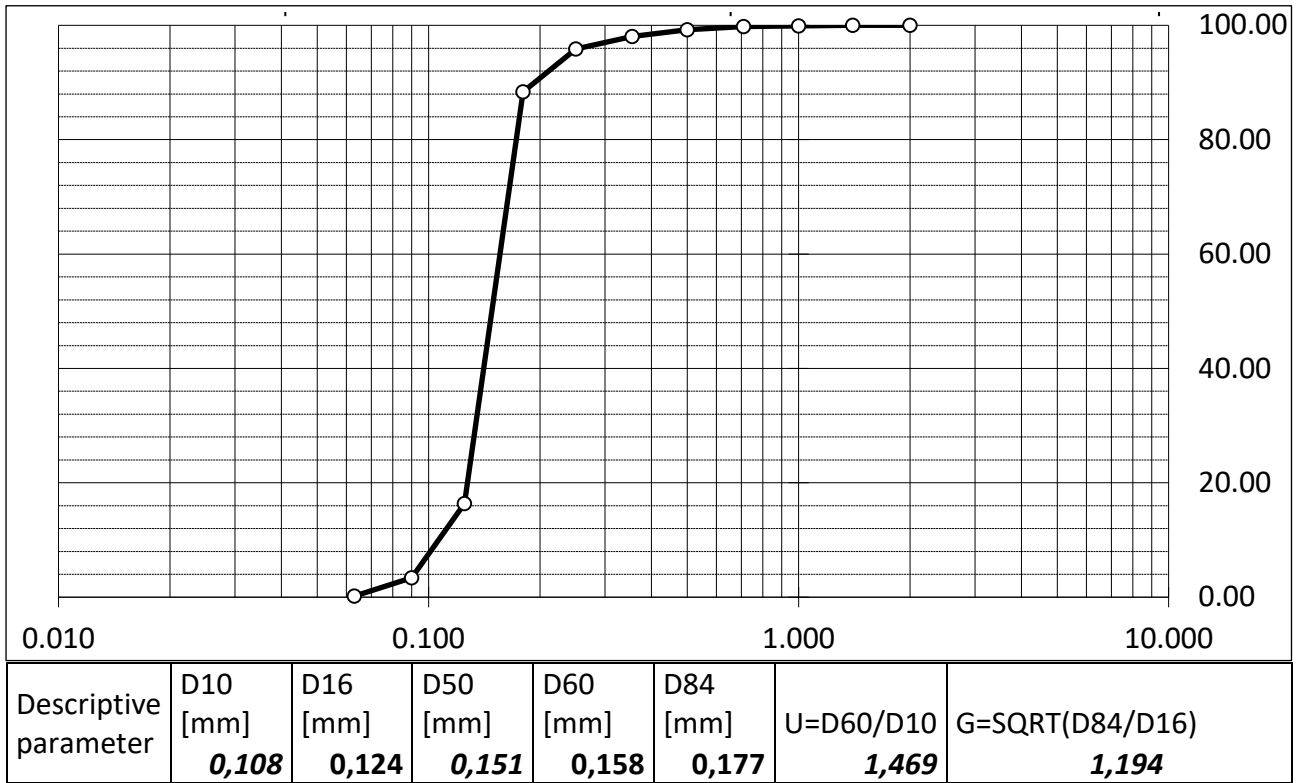
Figur A.28: Prøve 210-1



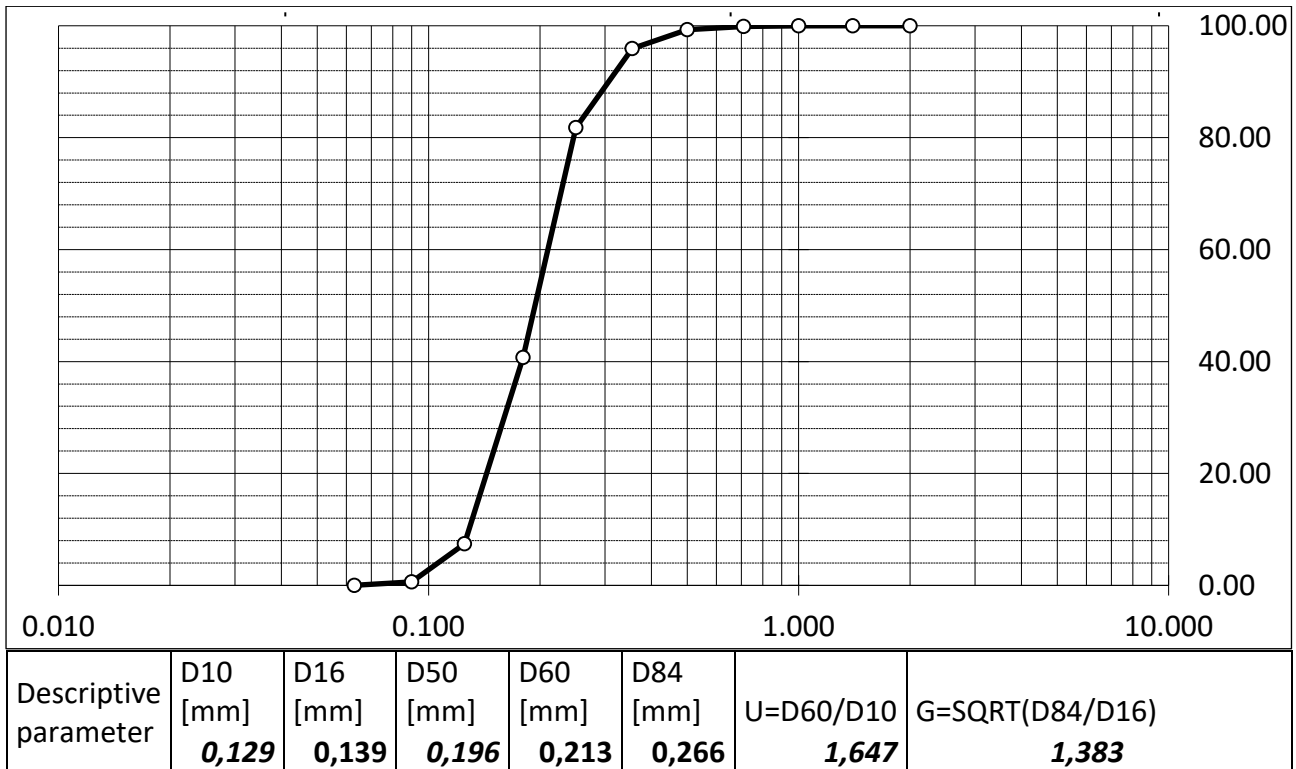
Figur A.29: Prøve 210-2



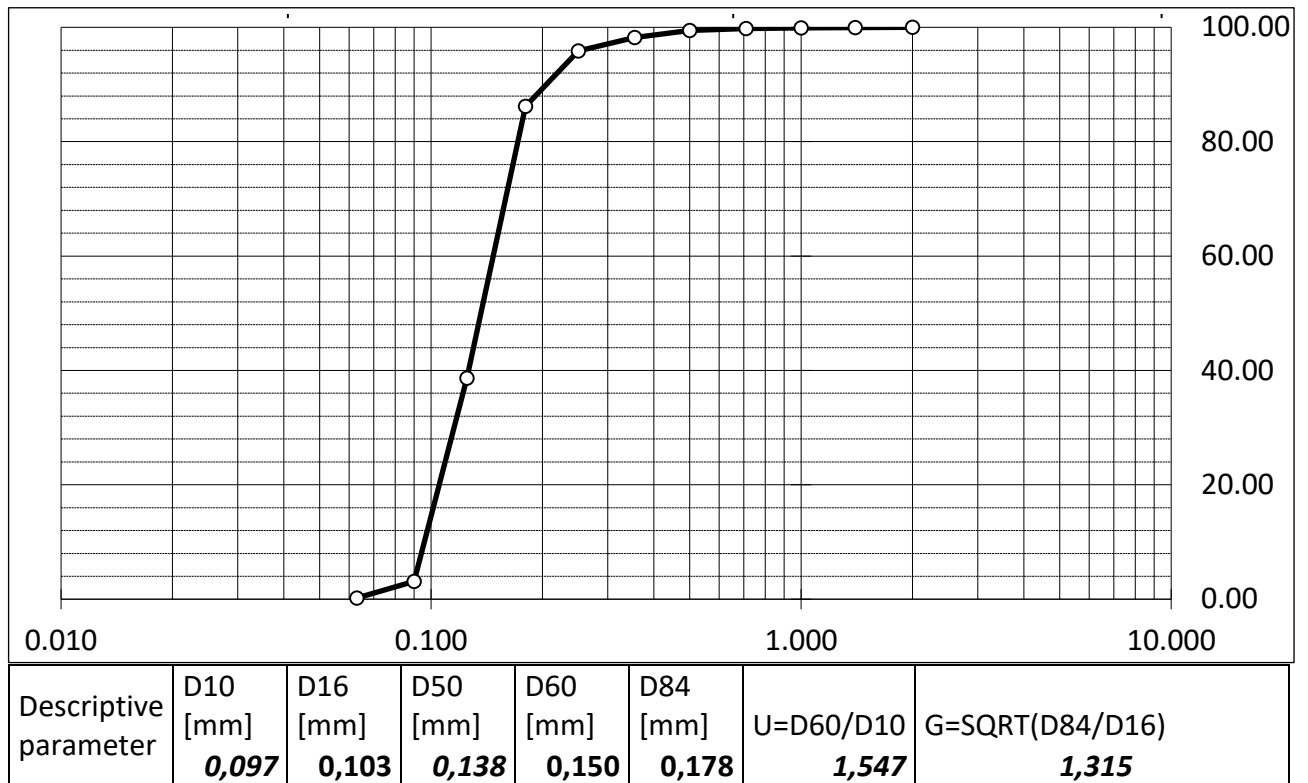
Figur A.30: Prøve 220-1



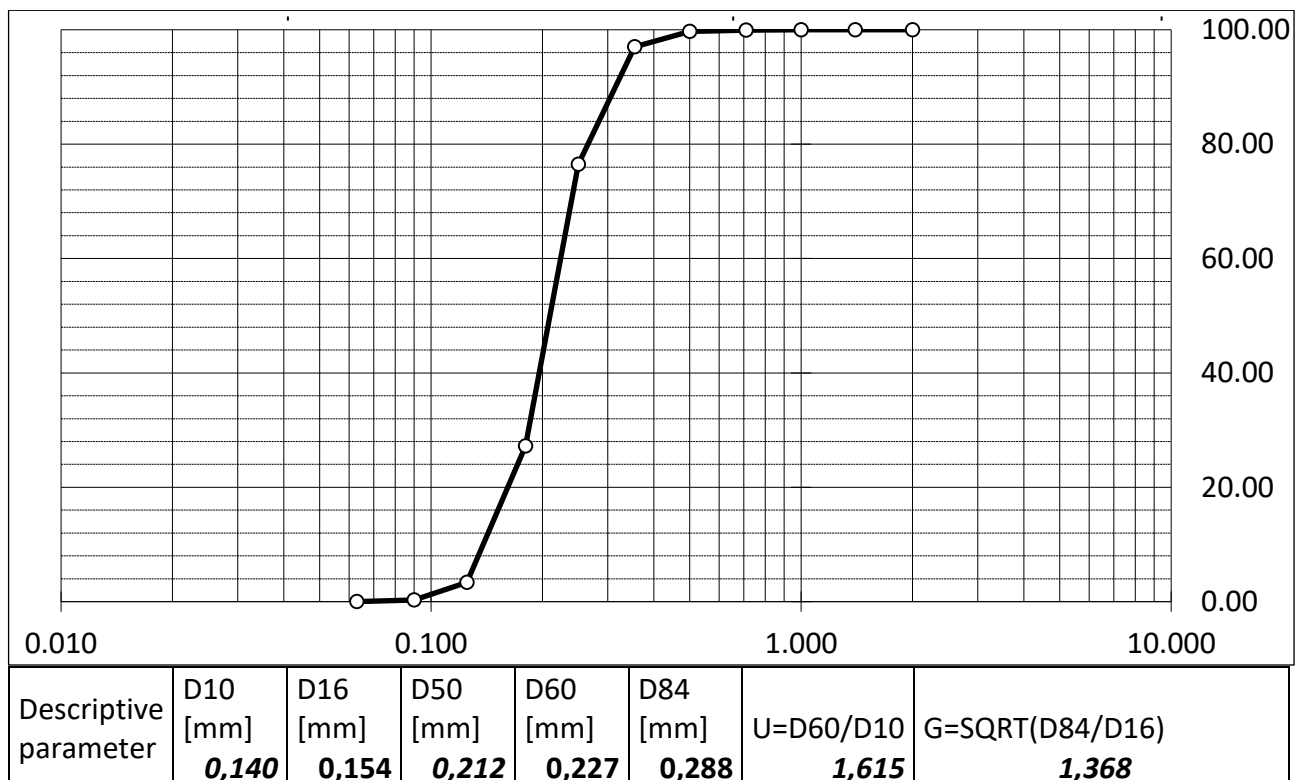
Figur A.31: Prøve 220-2



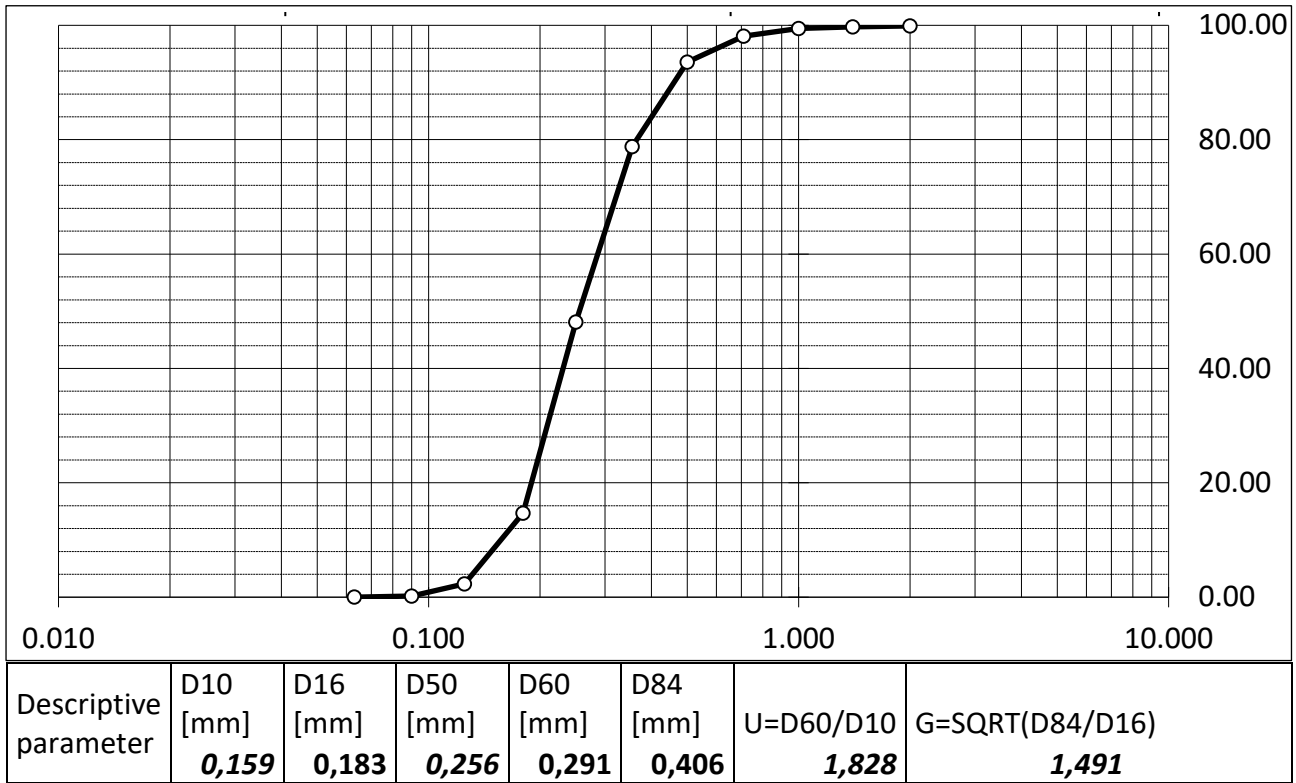
Figur A.32: Prøve 230-1



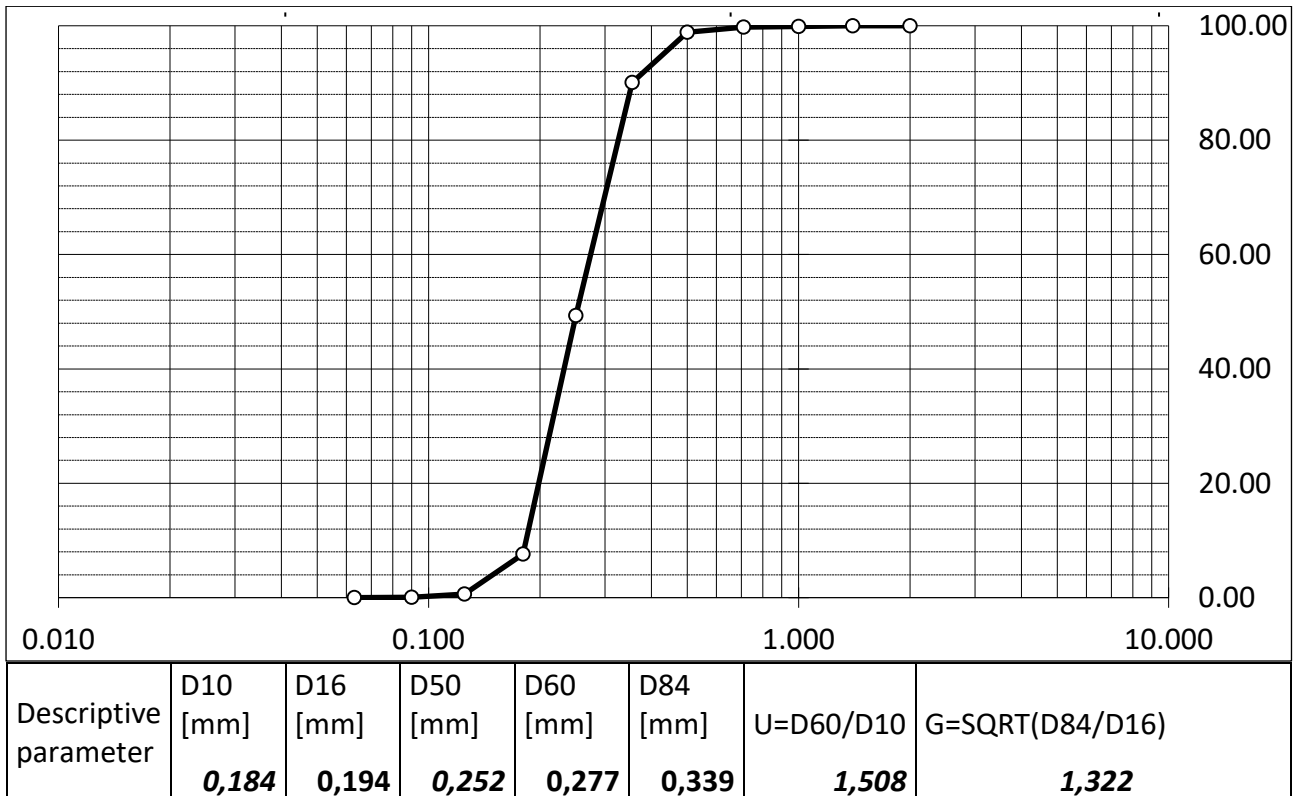
Figur A.33: Prøve 230-2



Figur A.34: Prøve 290-1

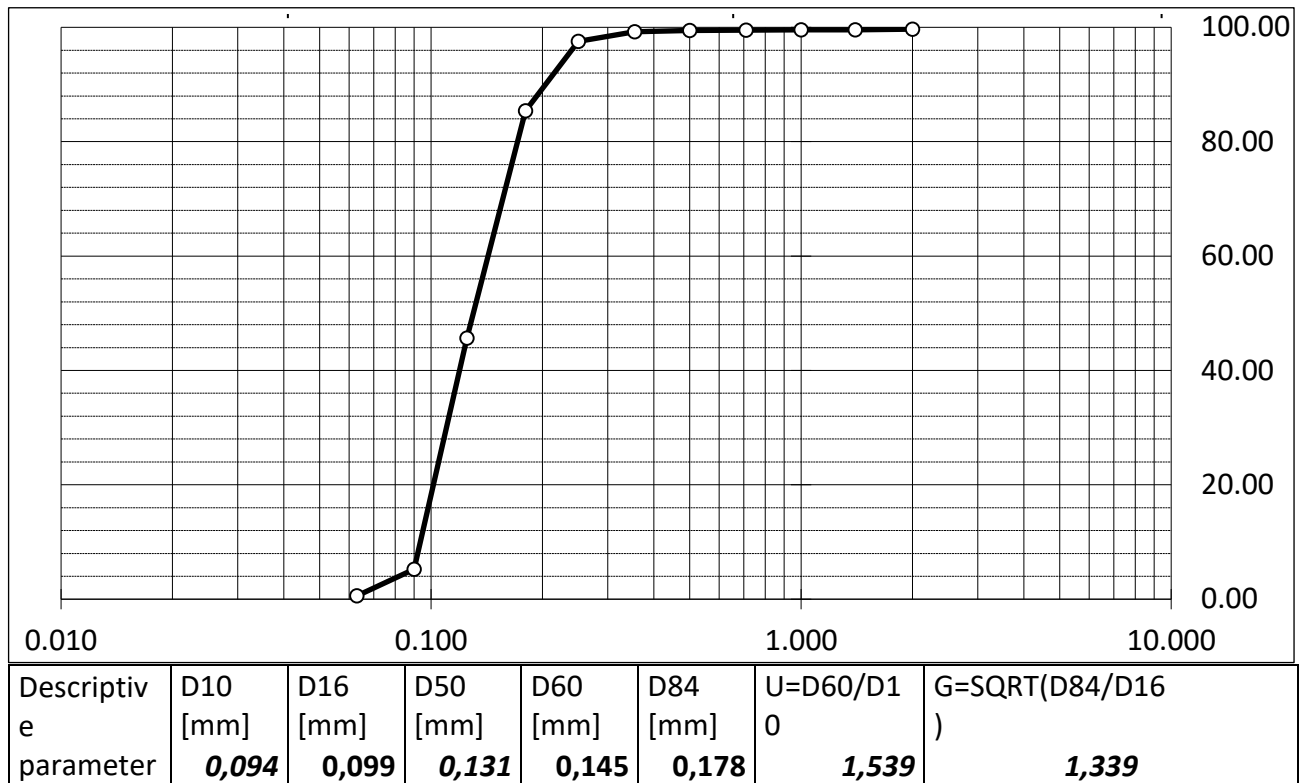


Figur A.35: Prøve 290-2

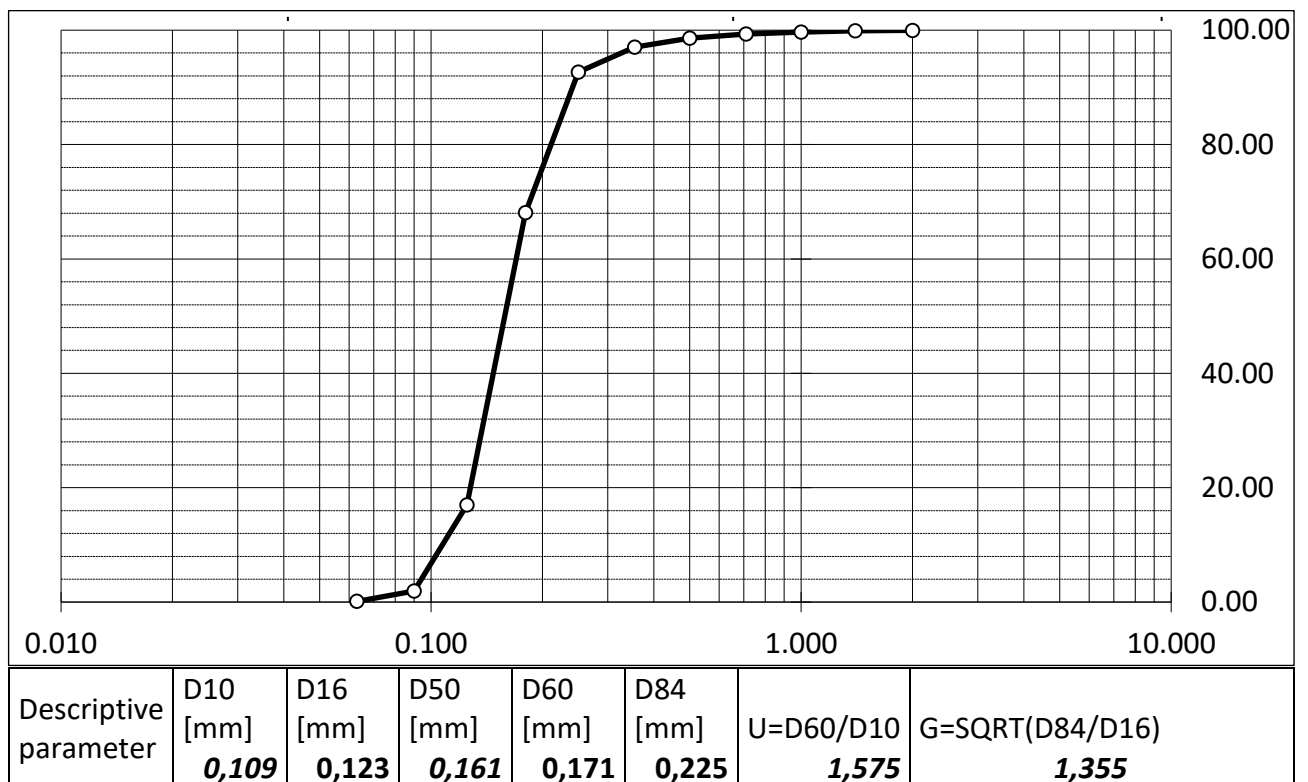


Figur A.36: Prøve 300-1

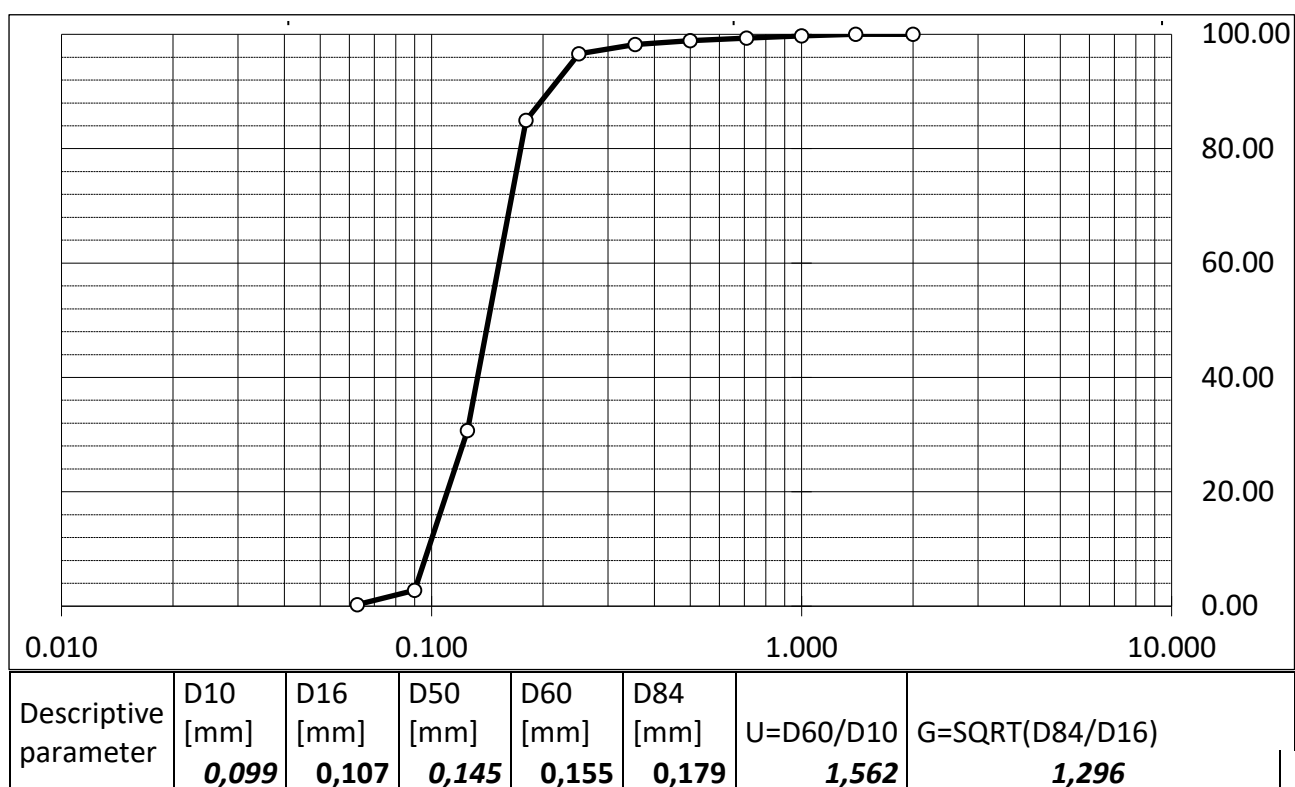




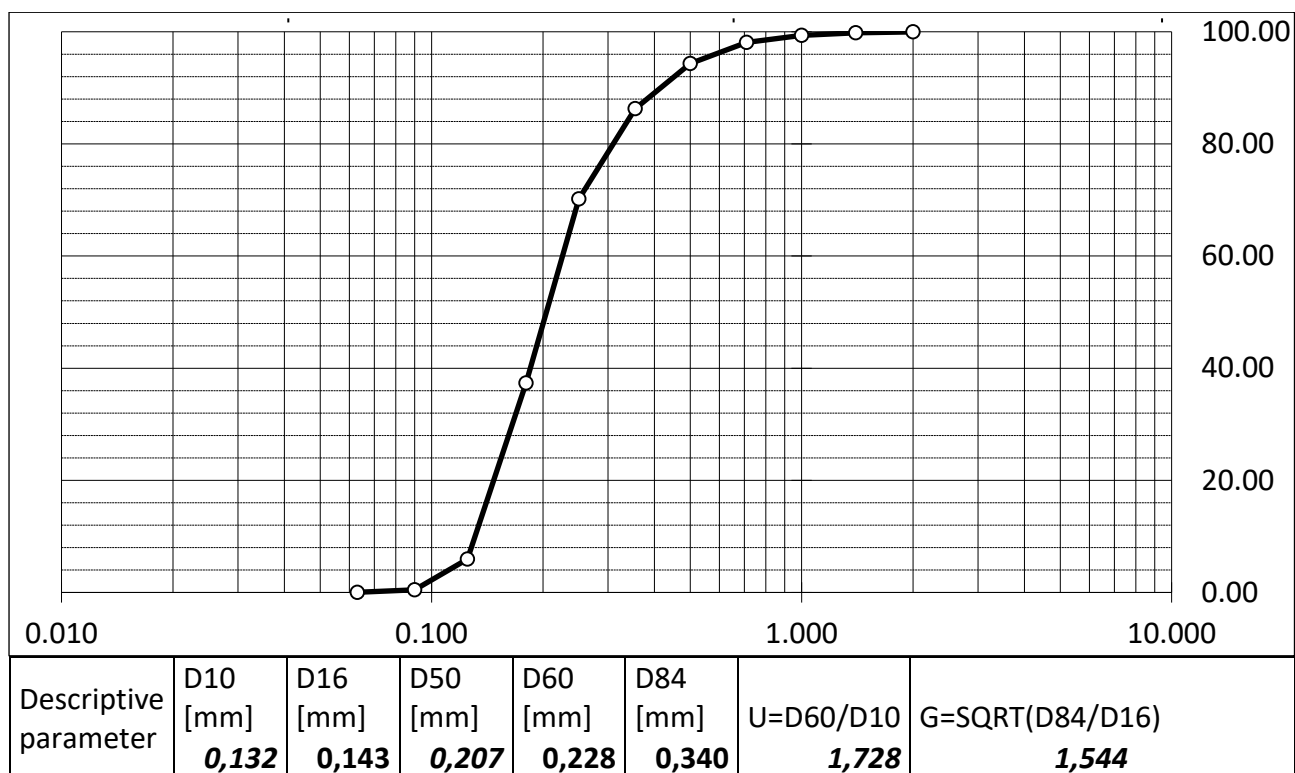
Figur A.37: Prøve 300-2



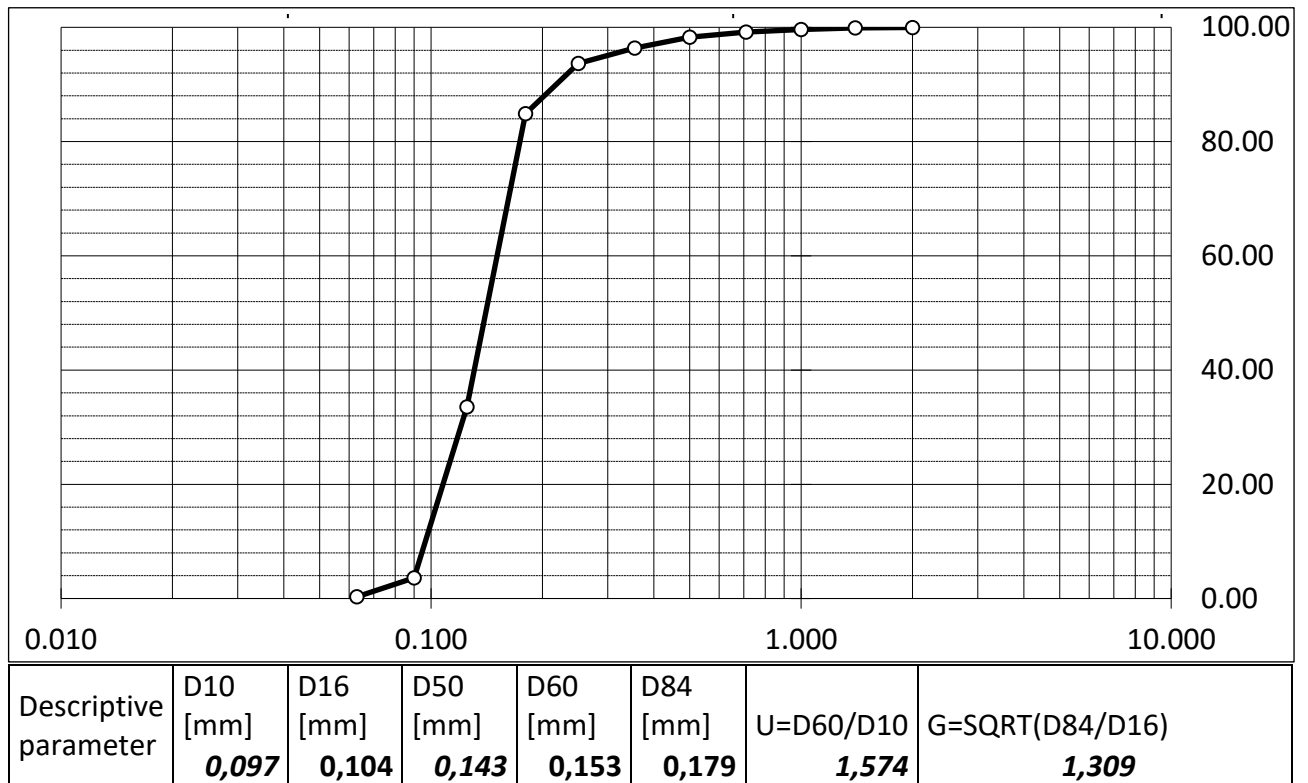
Figur A.38: Prøve 310-1



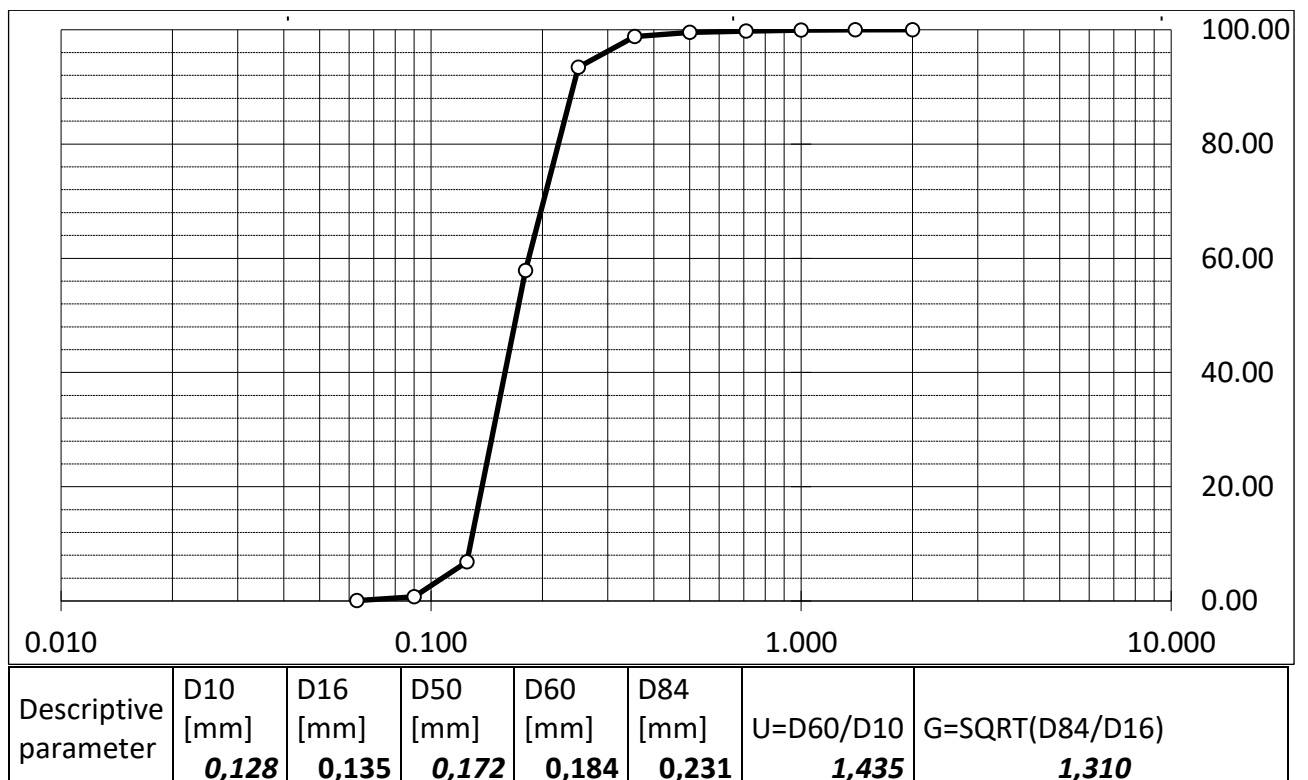
Figur A.39: Prøve 310-2



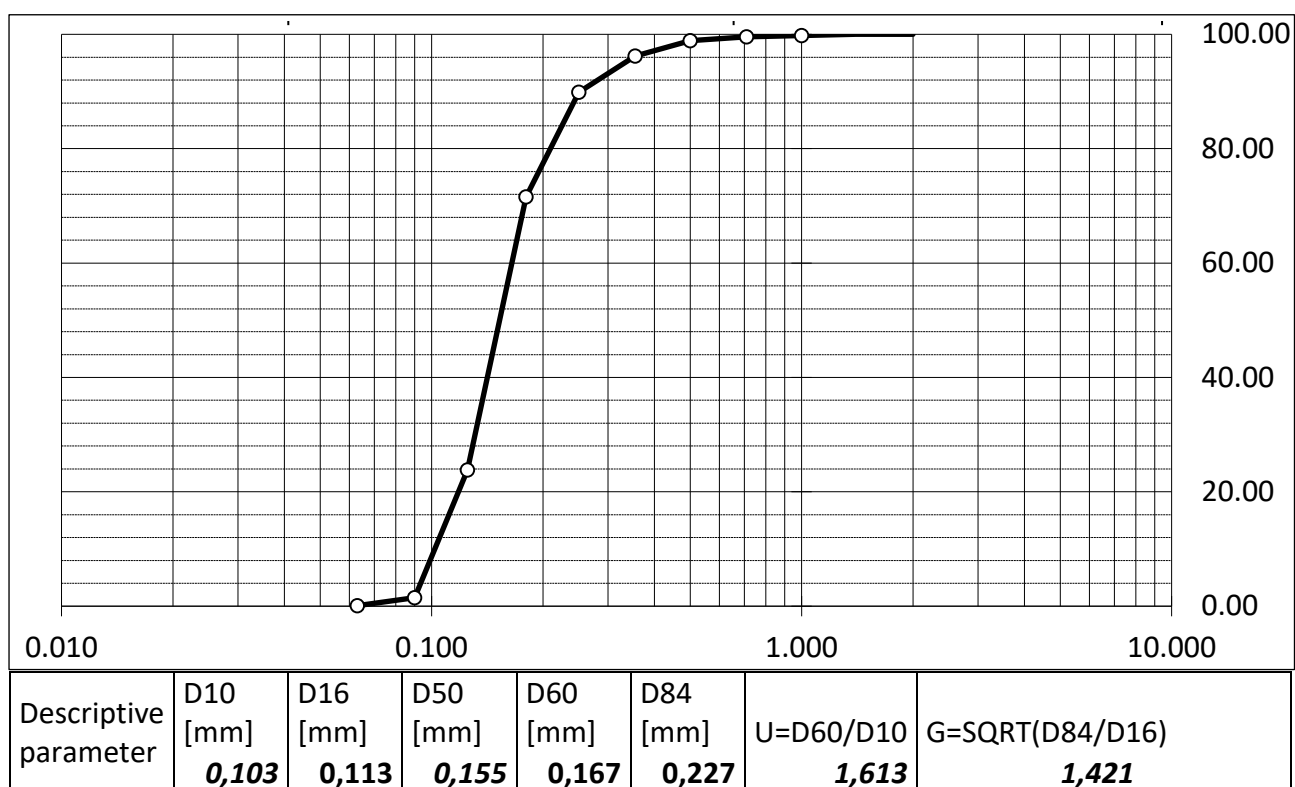
Figur A.40: Prøve 320-1



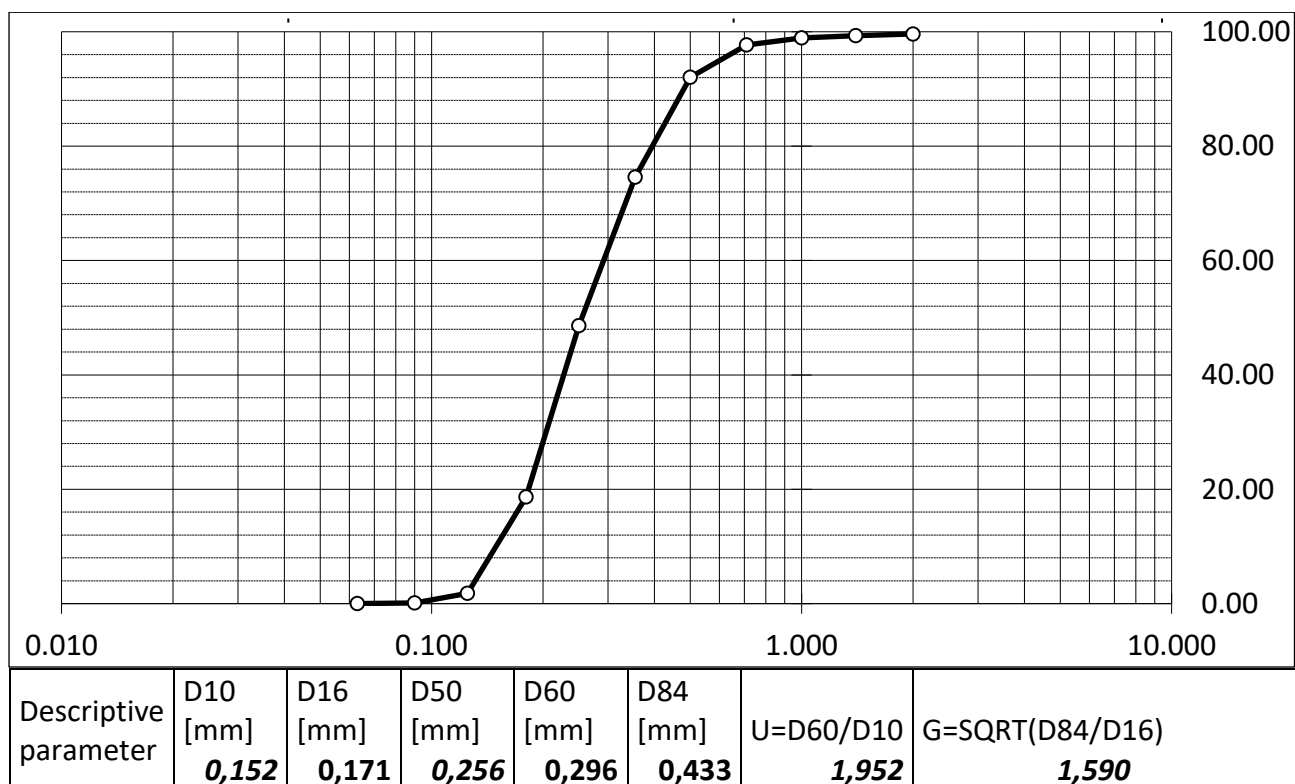
Figur A.41: Prøve 320-2



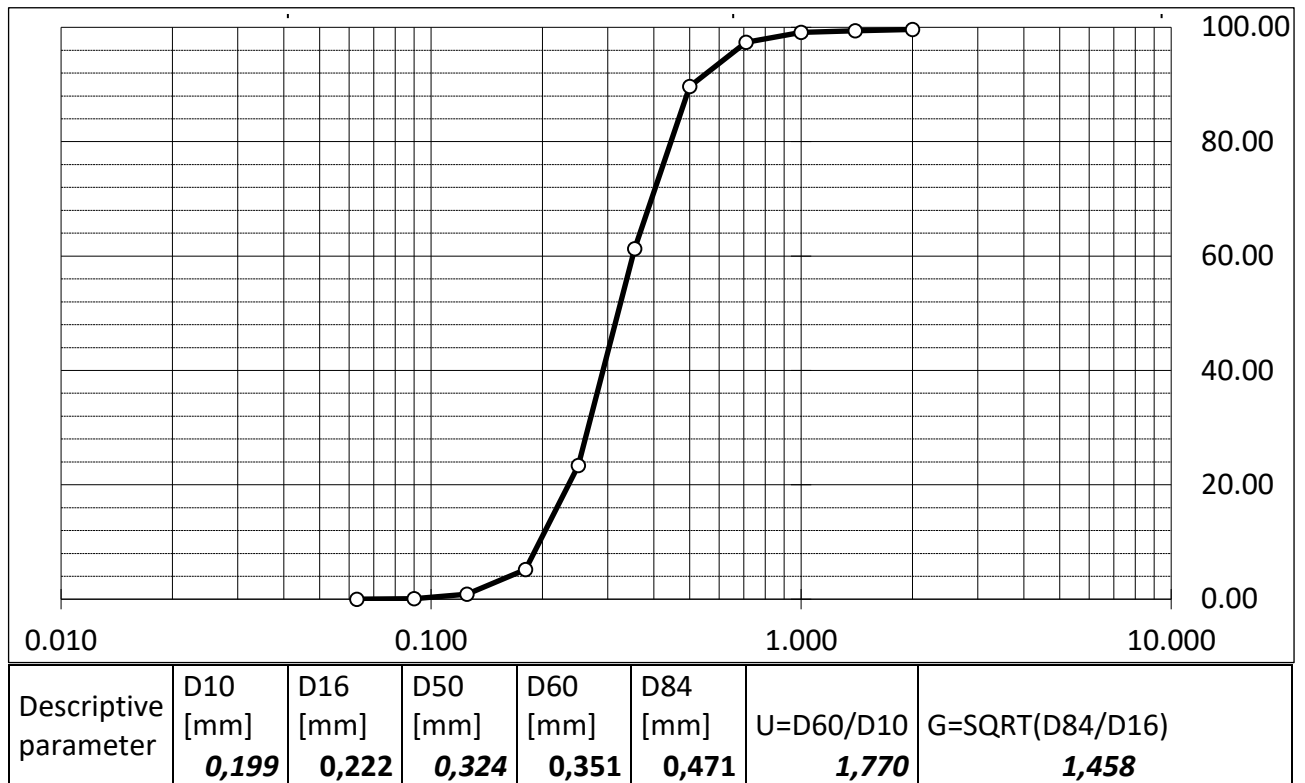
Figur A.42: Prøve 352-1



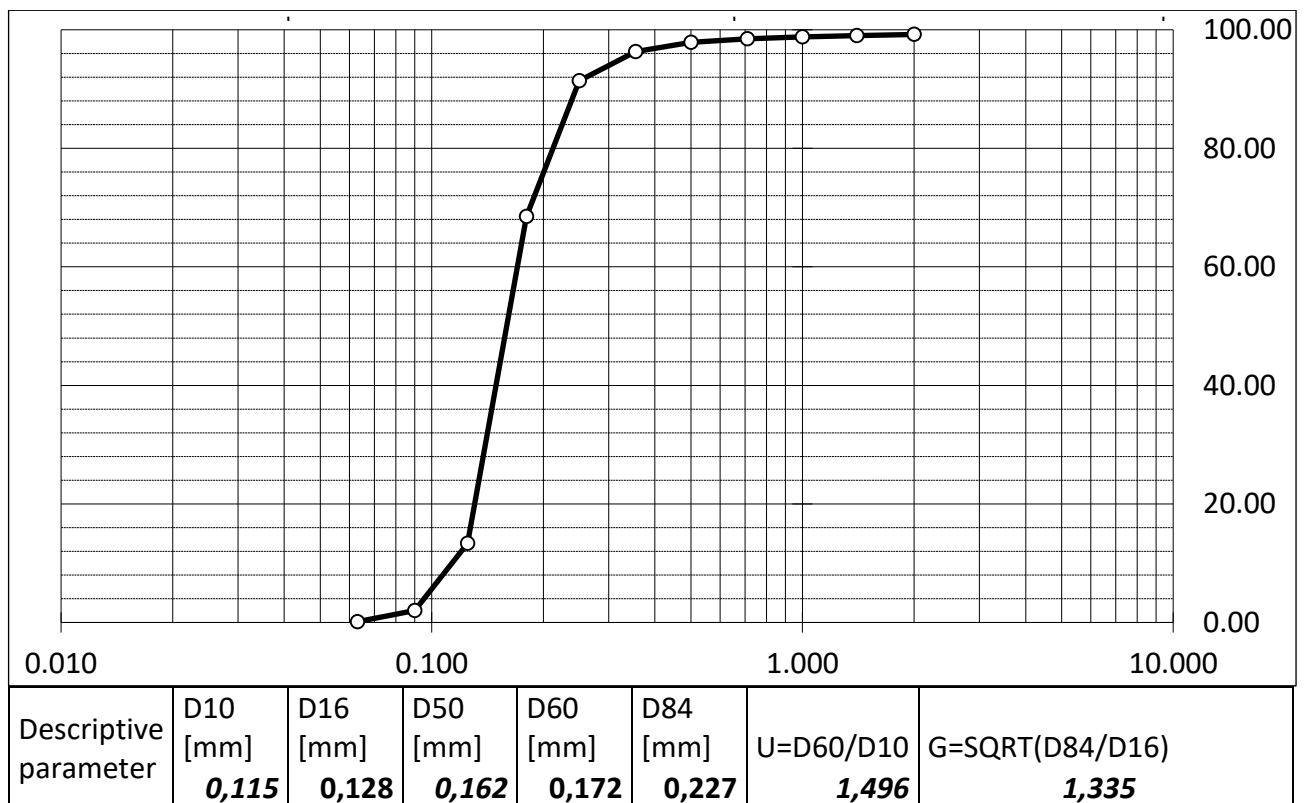
Figur A.43: Prøve 352-2



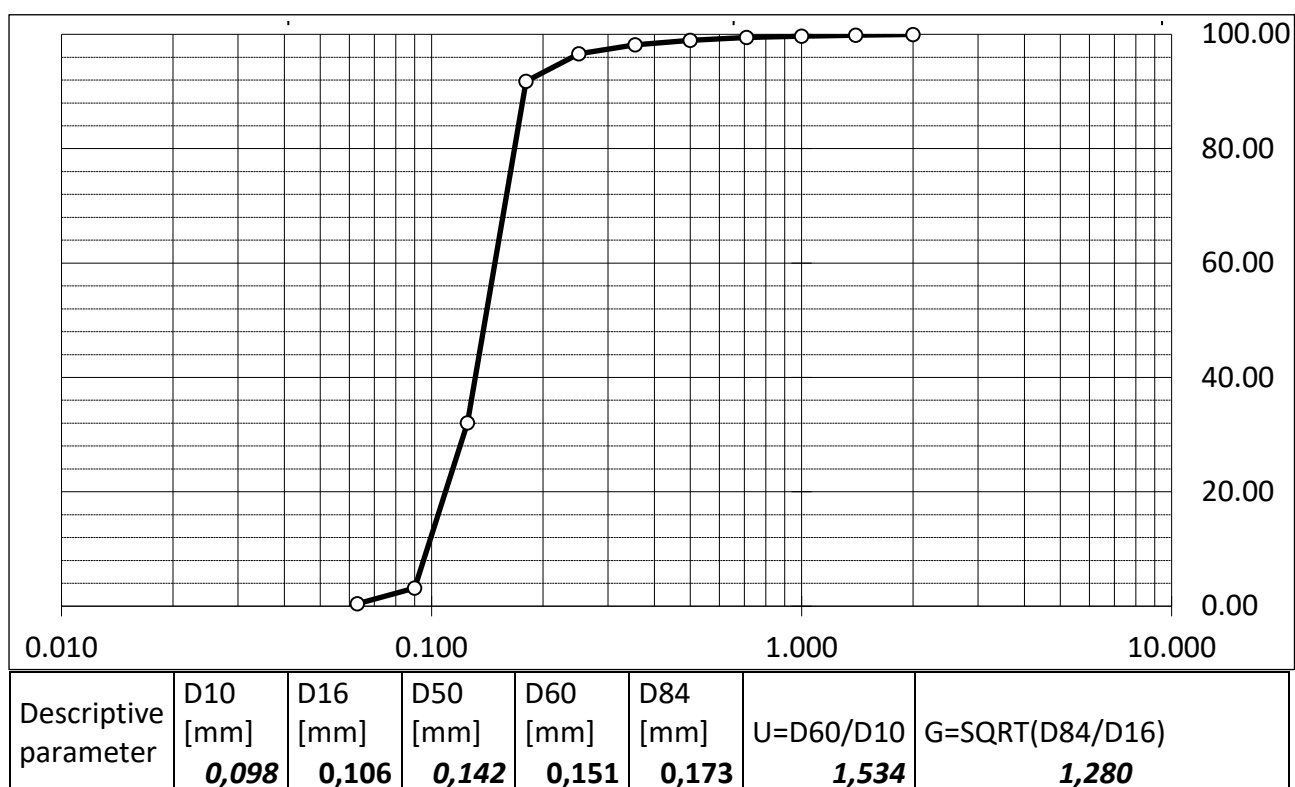
Figur A.44: Prøve 357-1



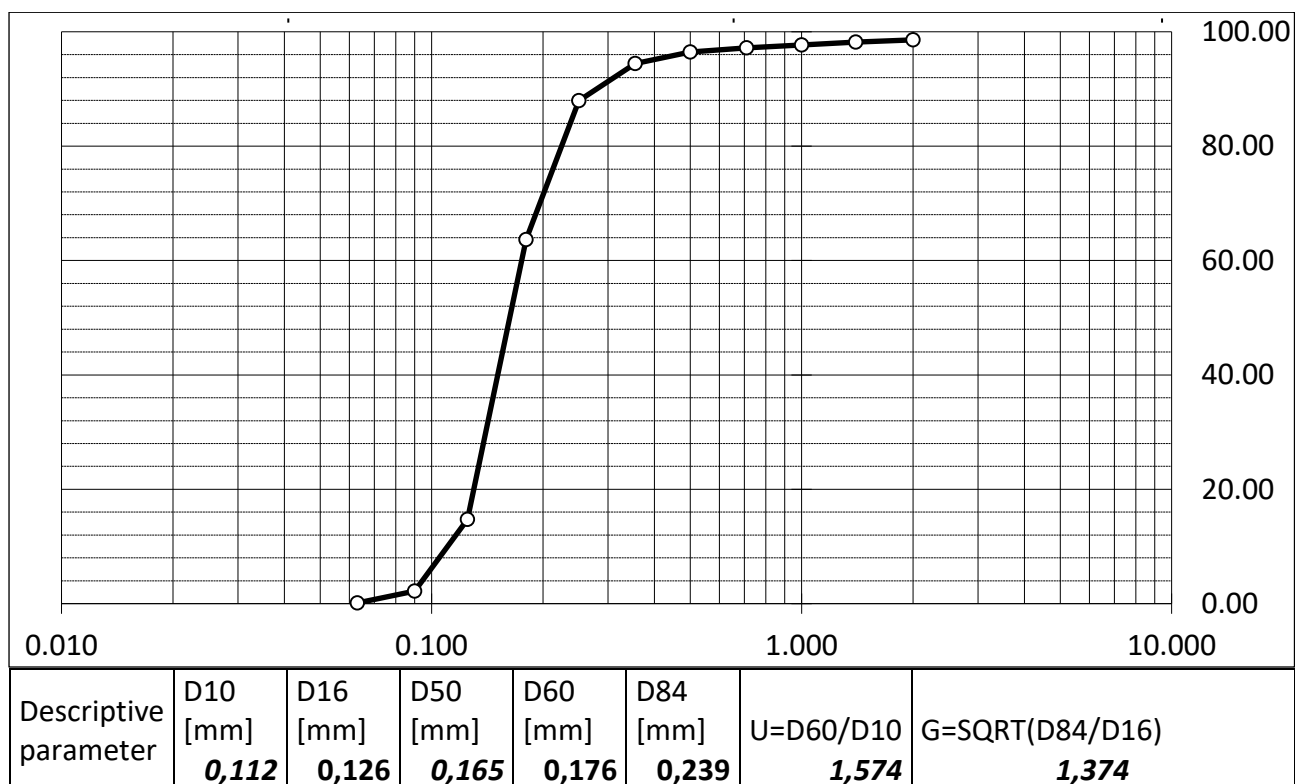
Figur A.45: Prøve 357-2



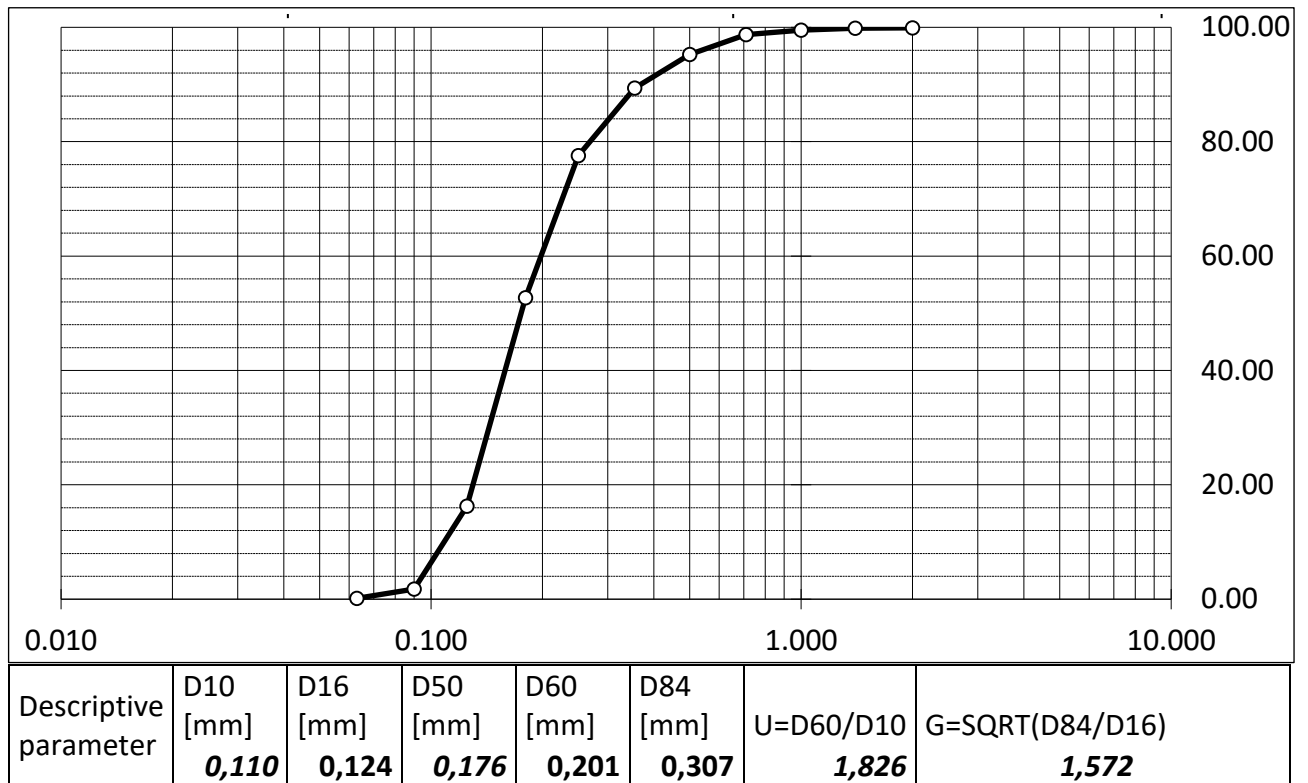
Figur A.46: Prøve 360-1



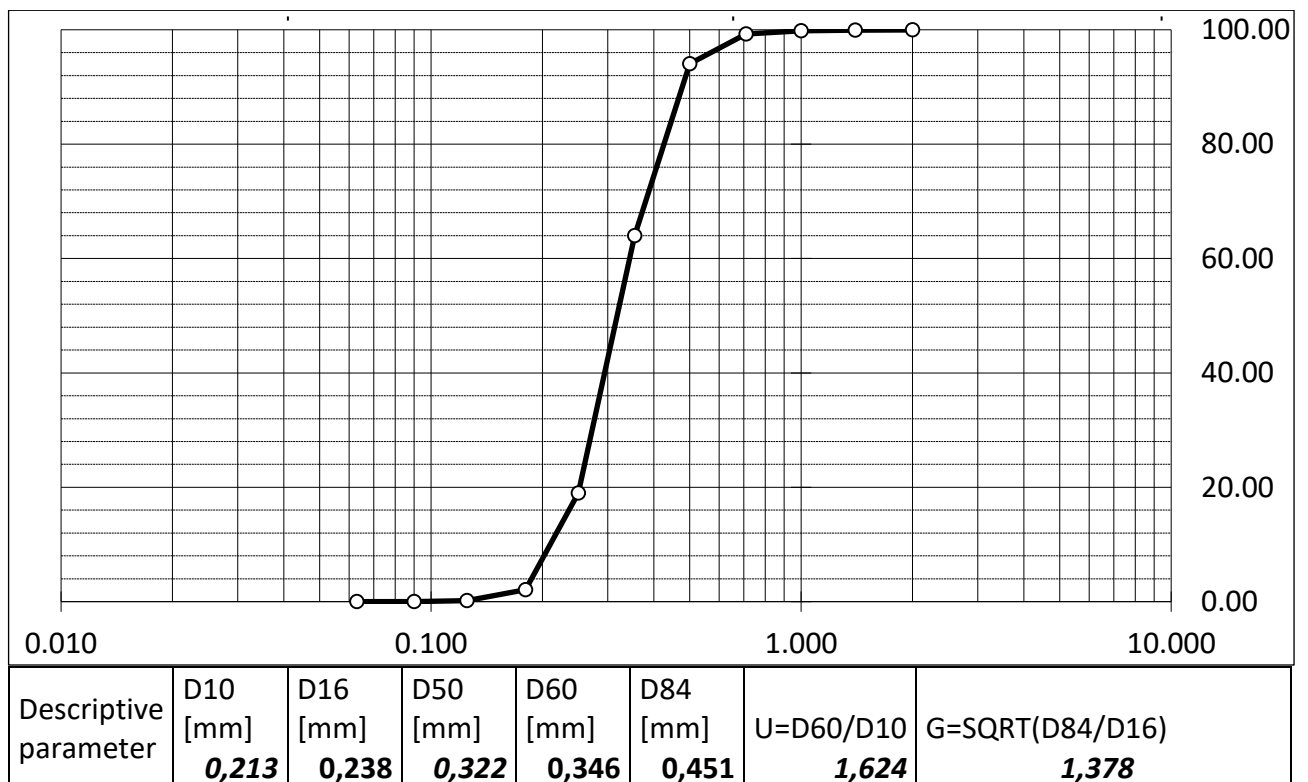
Figur A.47: Prøve 360-2



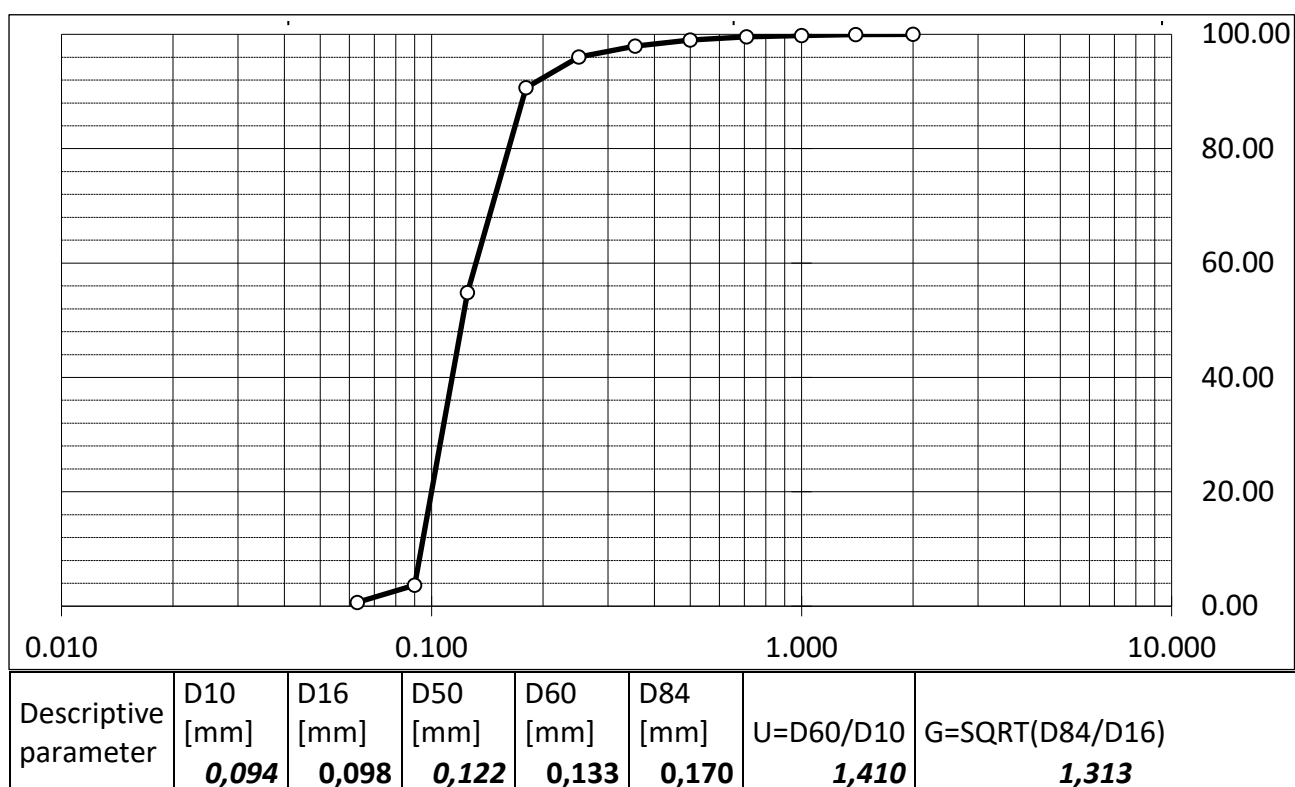
Figur A.48: Prøve 365-1



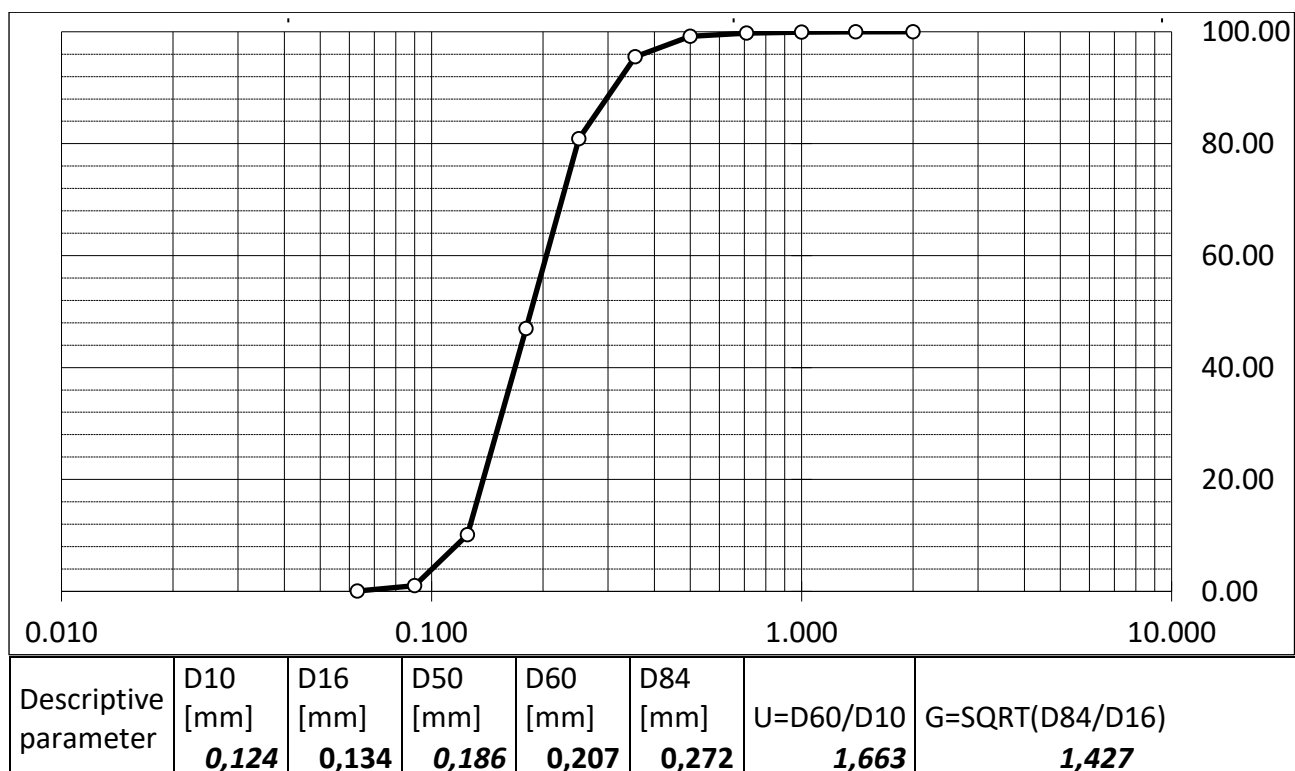
Figur A.49: Prøve 365-2



Figur A.50: Prøve 370-1

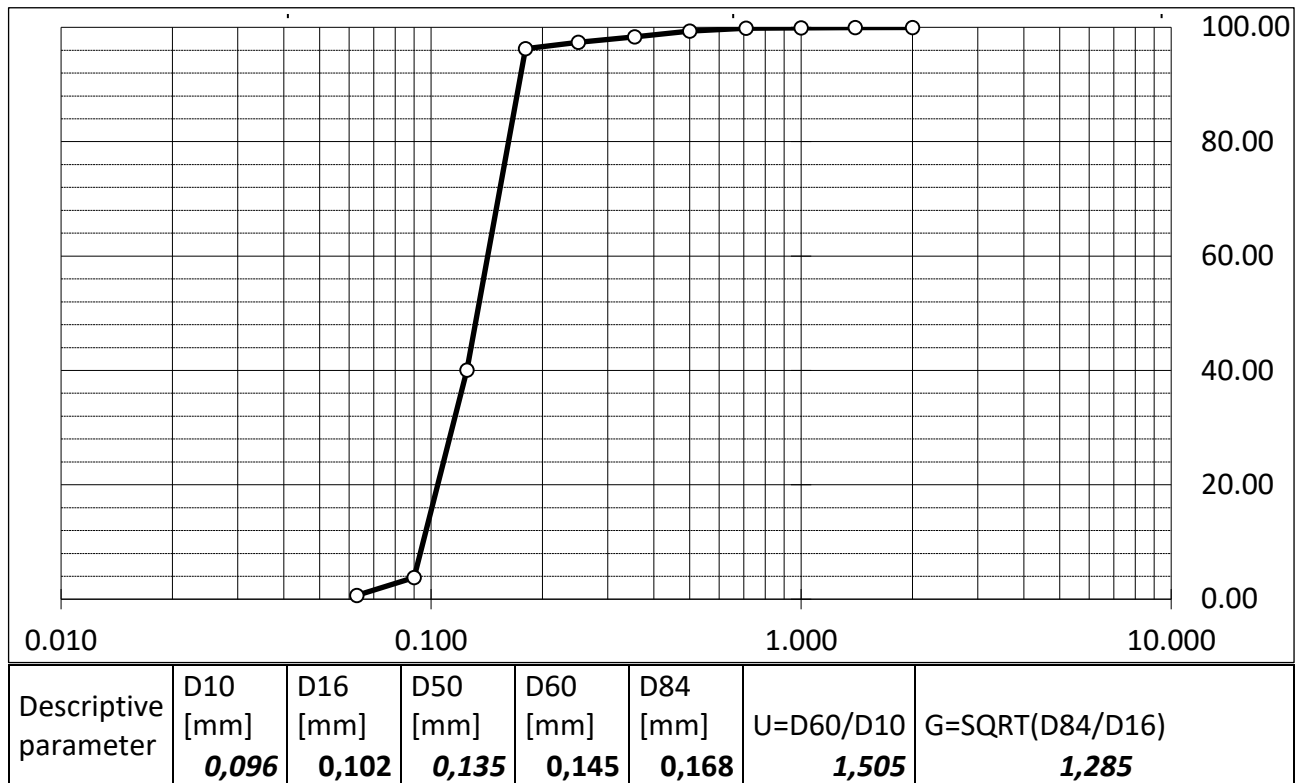


Figur A.51: Prøve 370-2

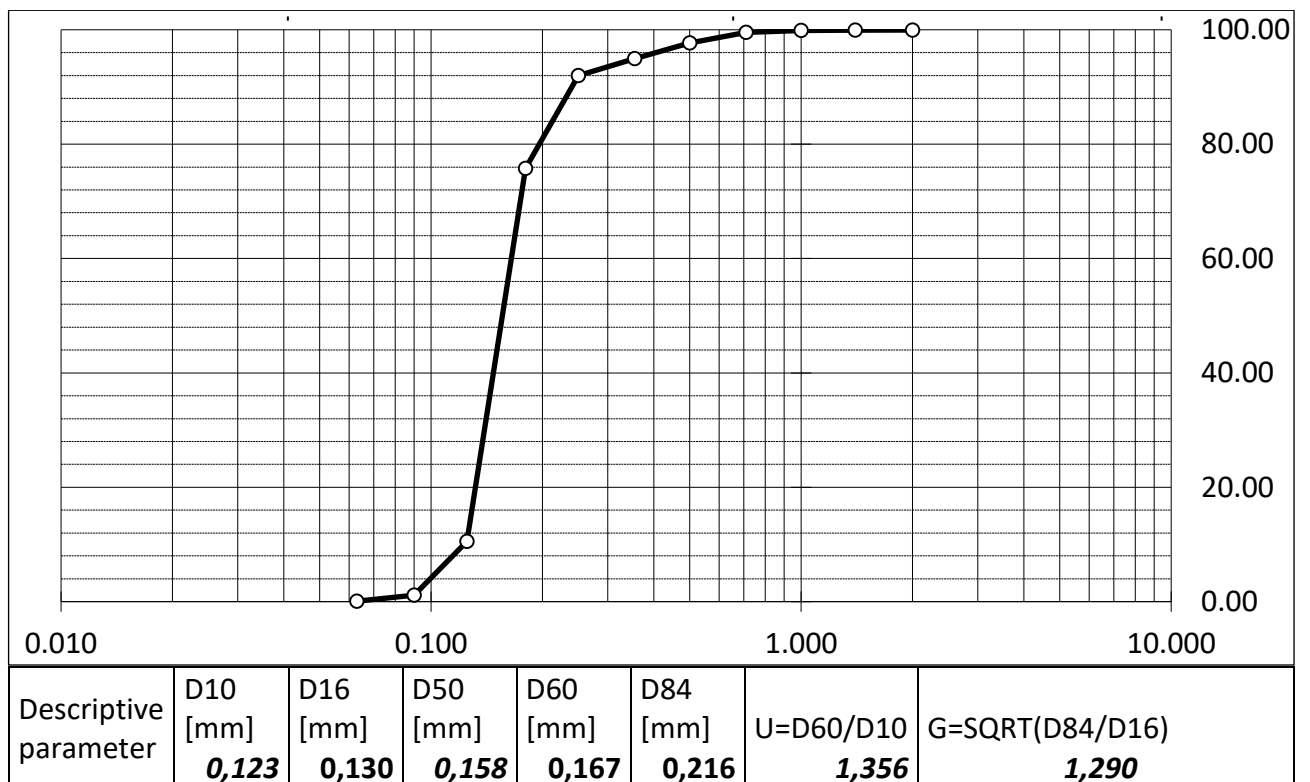


Figur A.52: Prøve 378-1

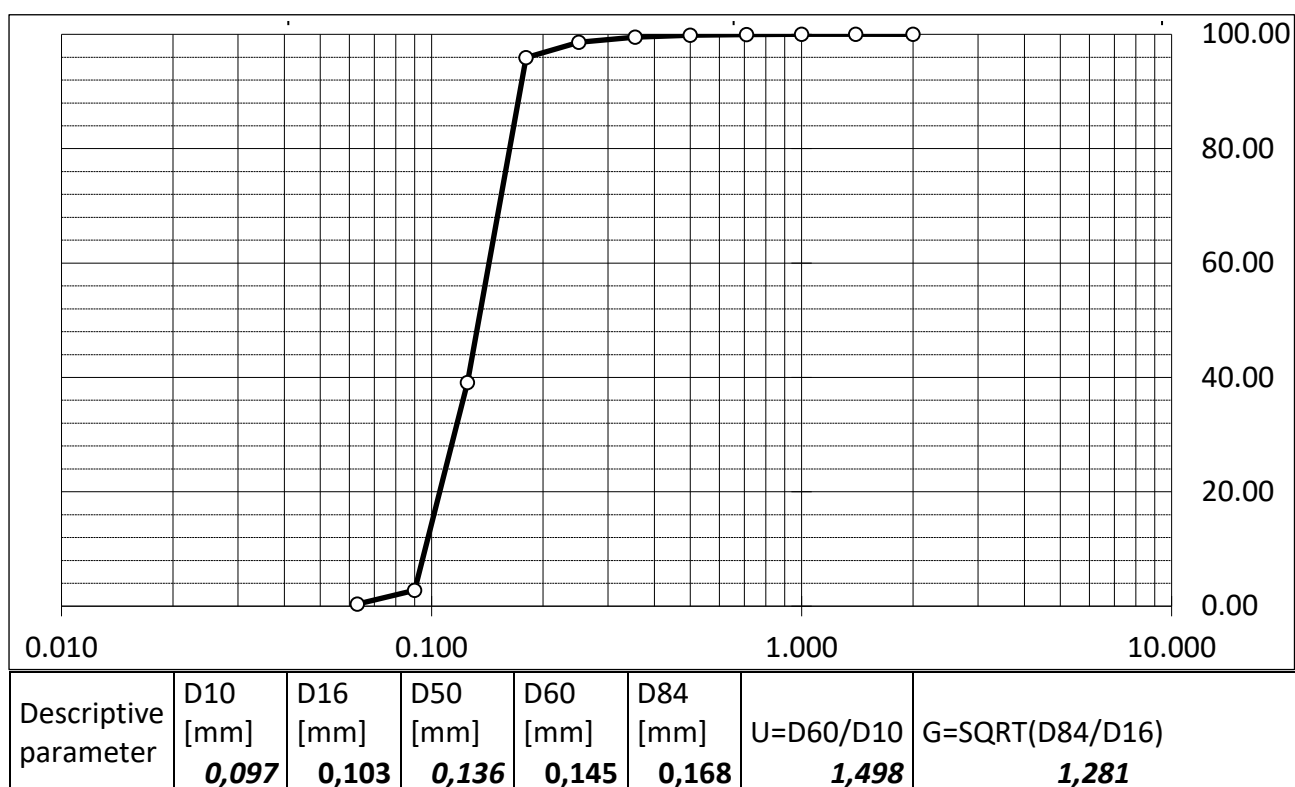




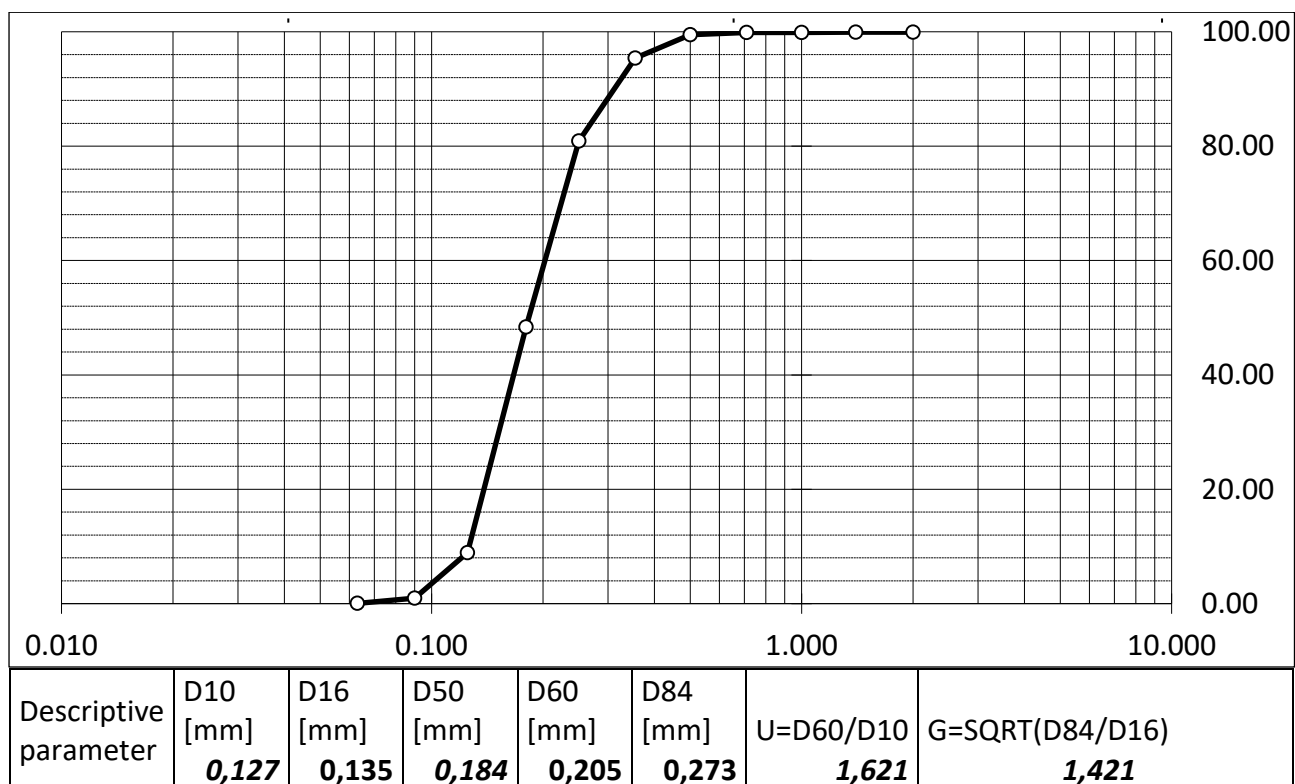
Figur A.53: Prøve 378-2



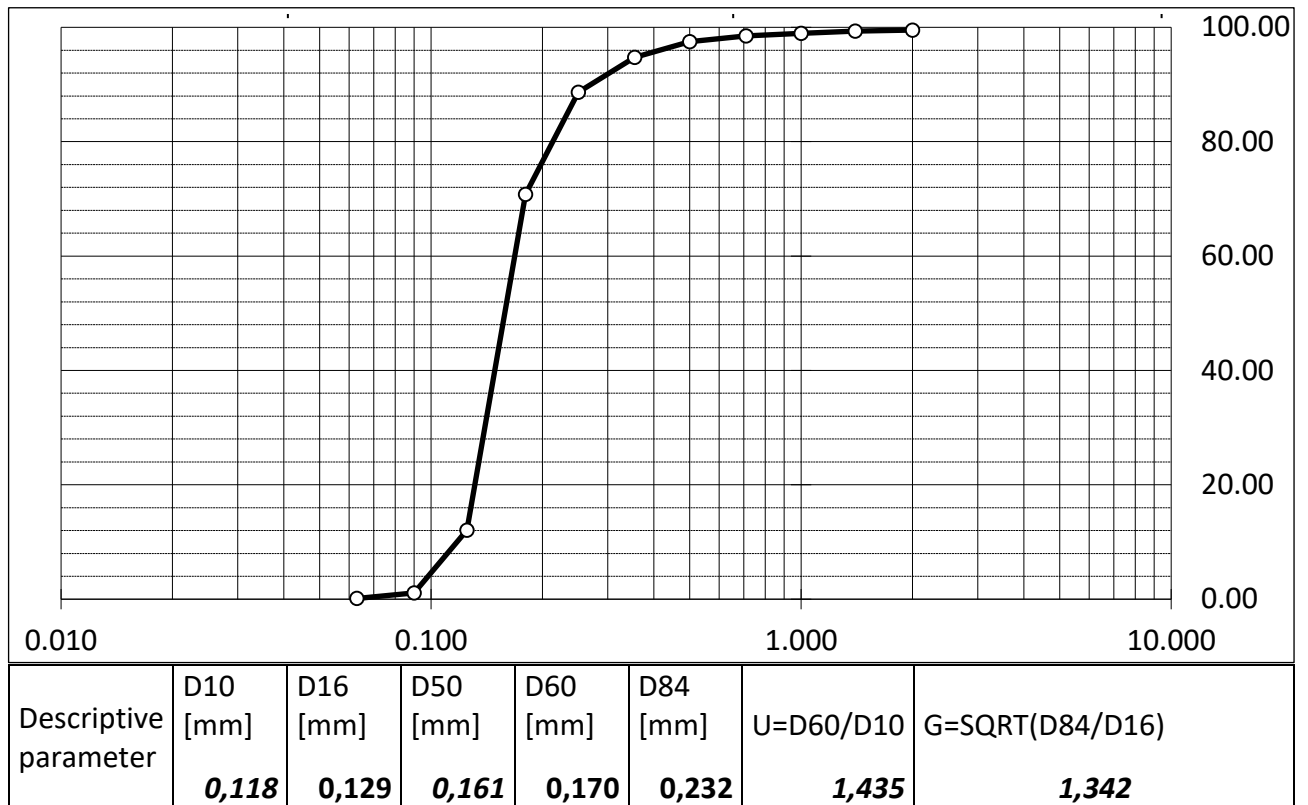
Figur A.54: Prøve 390-1



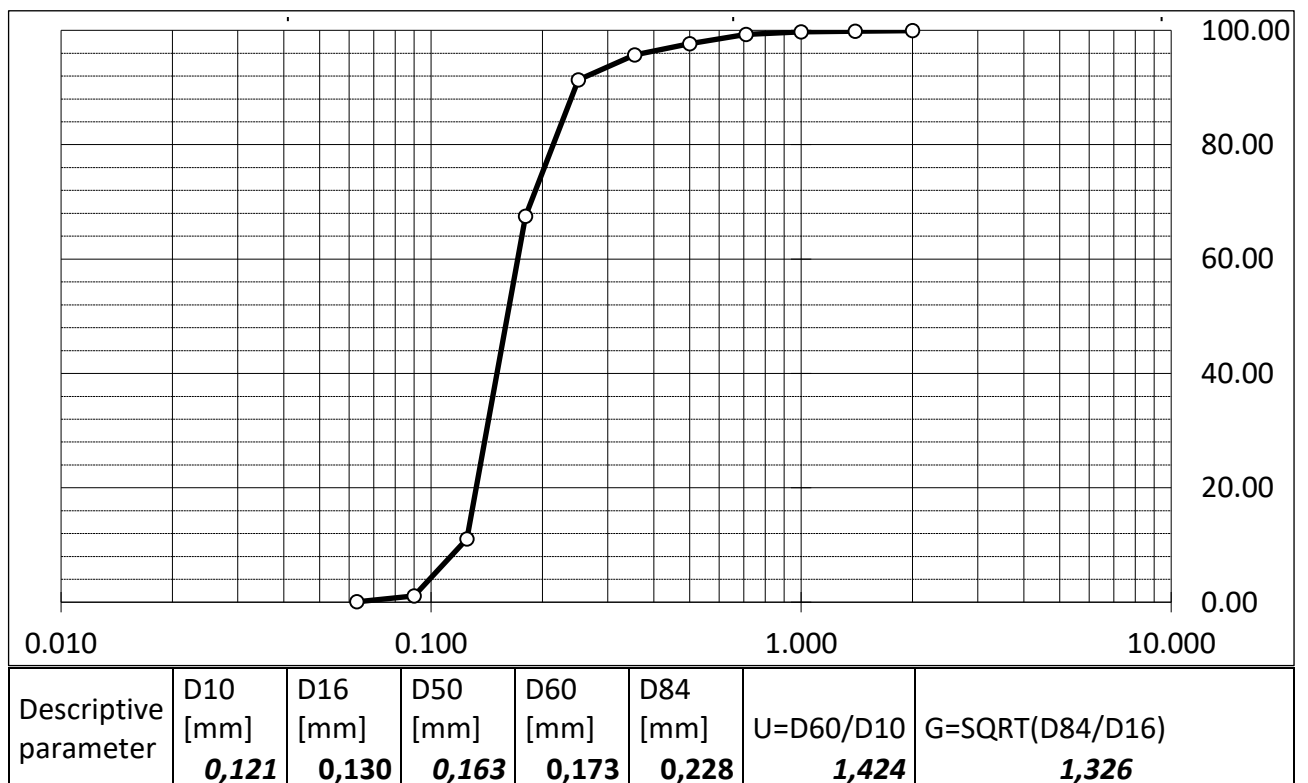
Figur A.55: Prøve 390-2



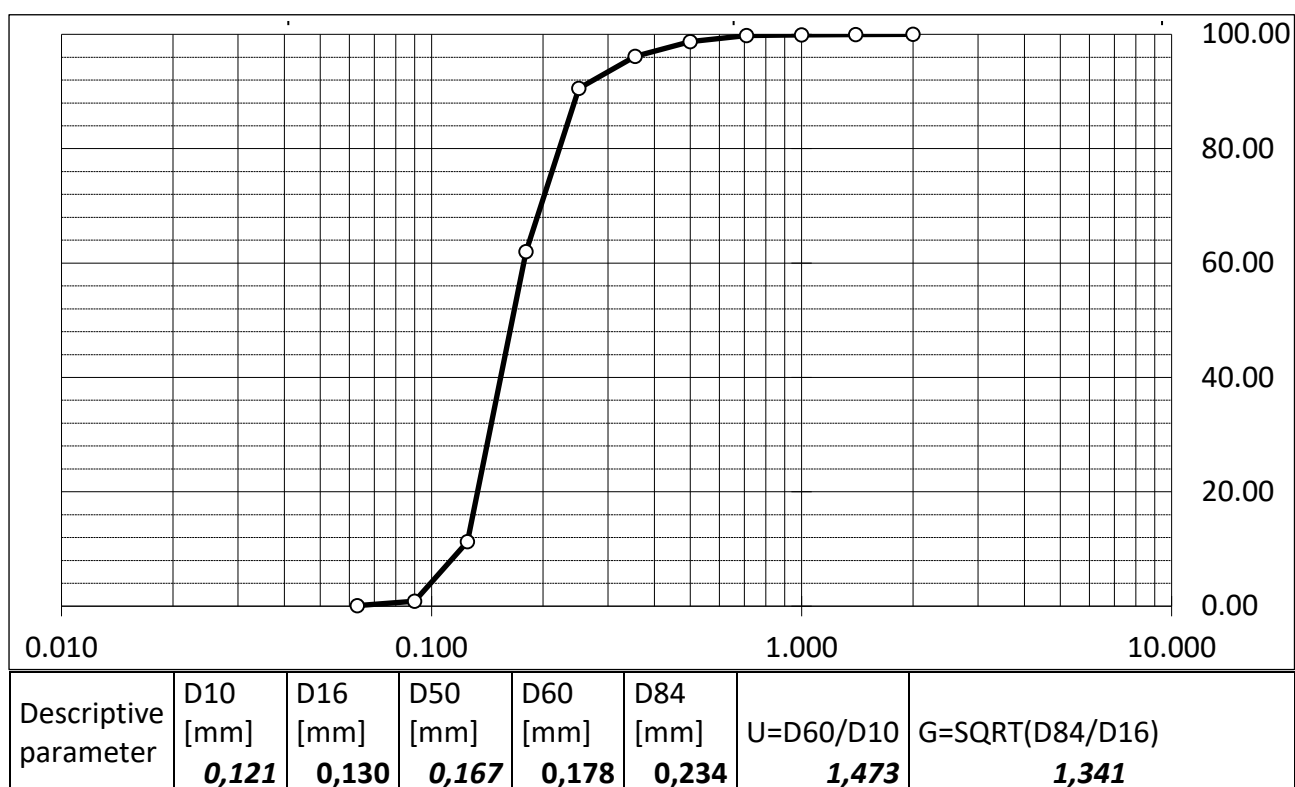
Figur A.56: Prøve 399-1



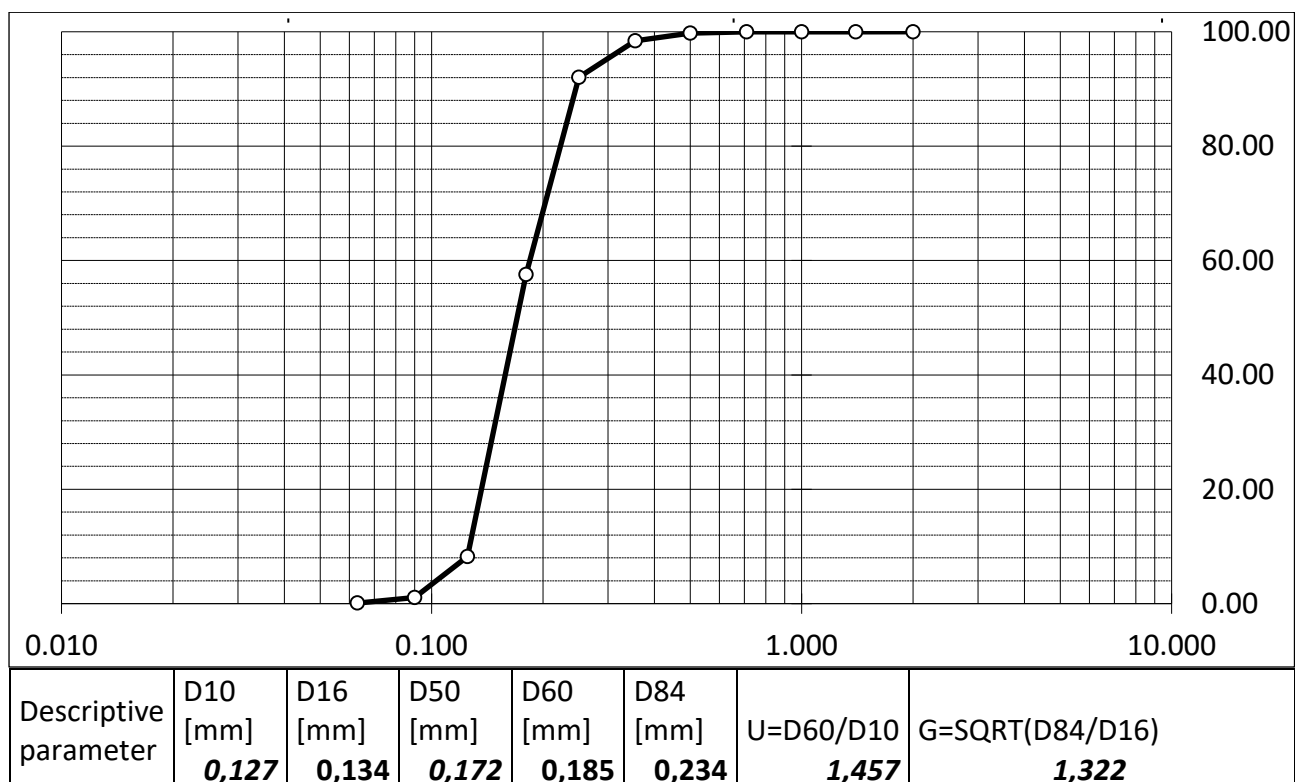
Figur A.57: Prøve 399-2



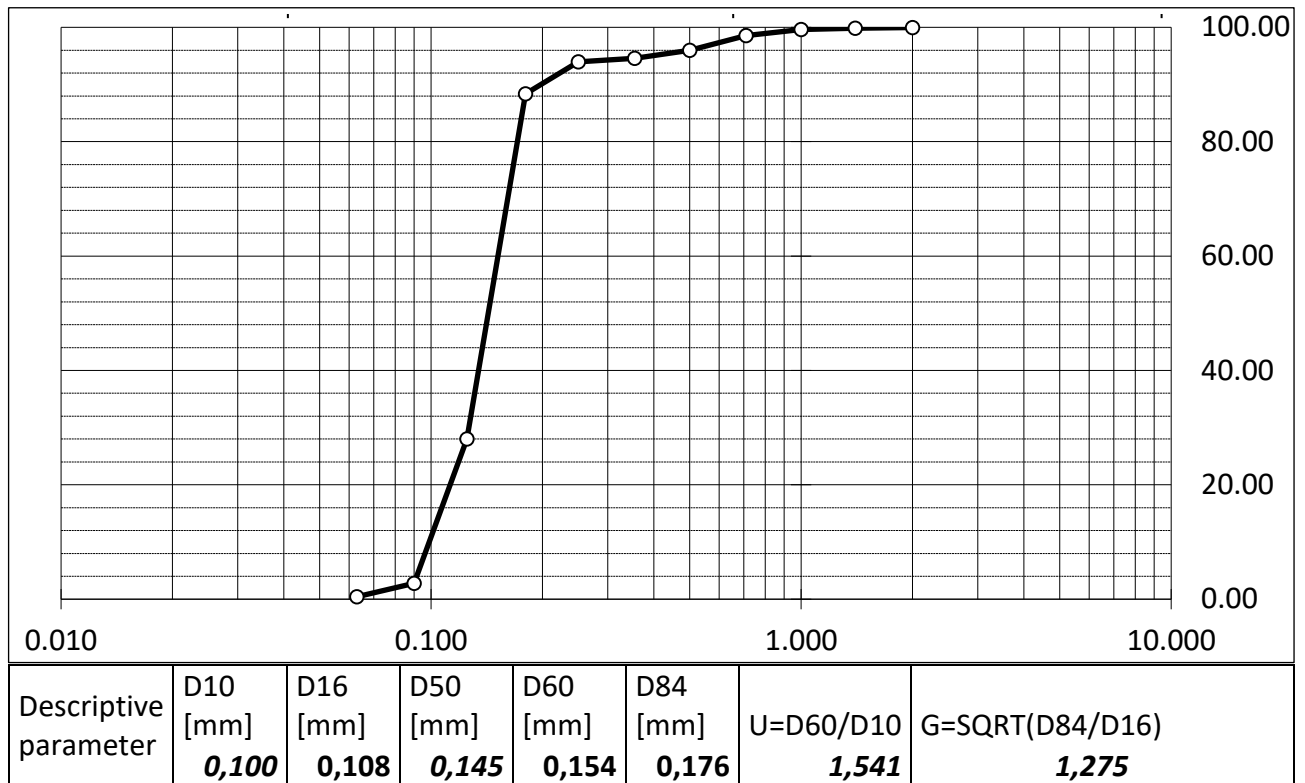
Figur A.58: Prøve 410-1



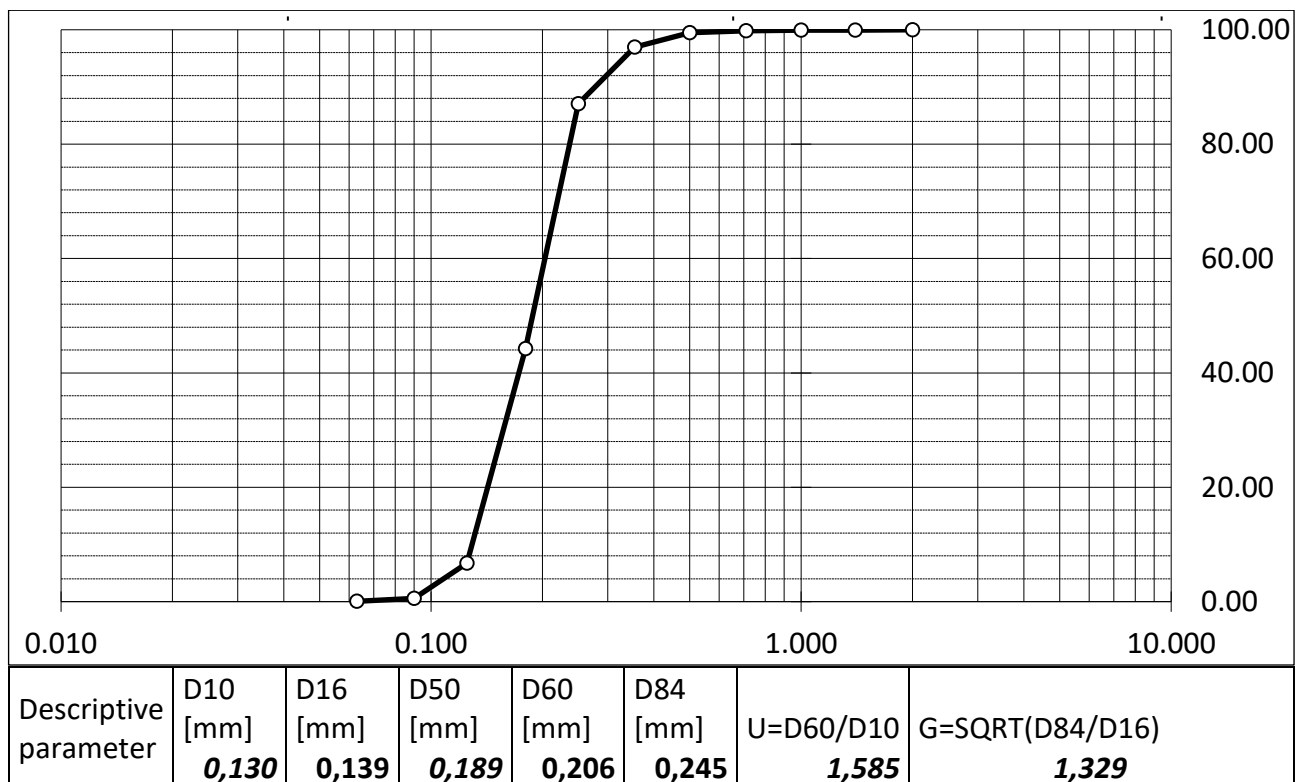
Figur A.59: Prøve 410-2



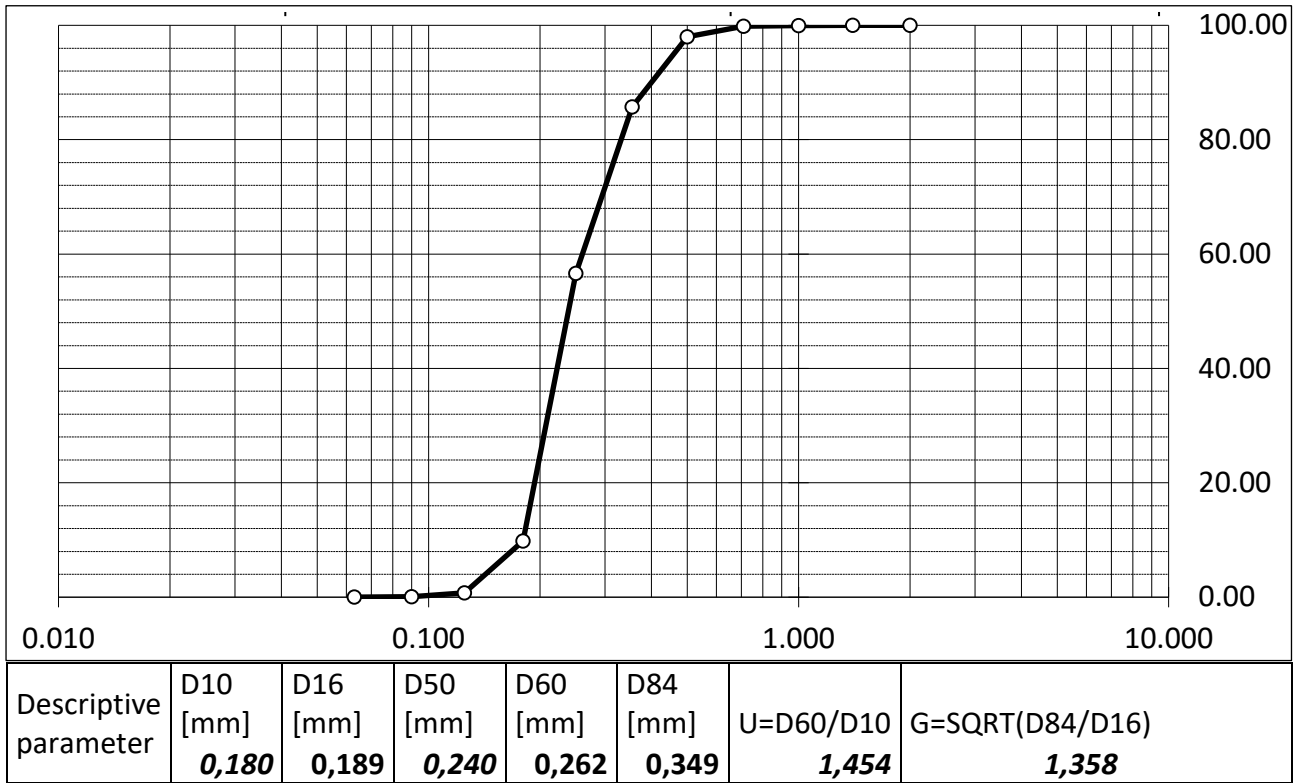
Figur A.60: Prøve 422-1



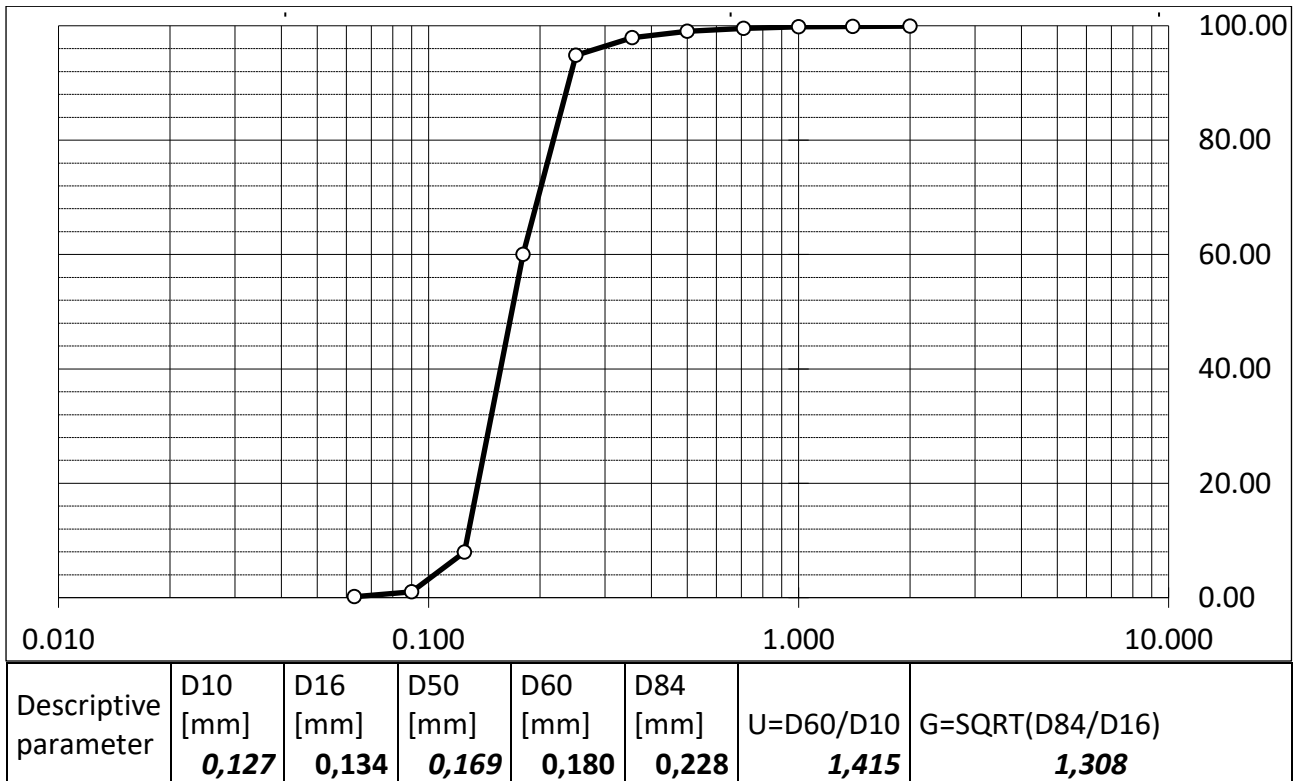
Figur A.61: Prøve 422-2



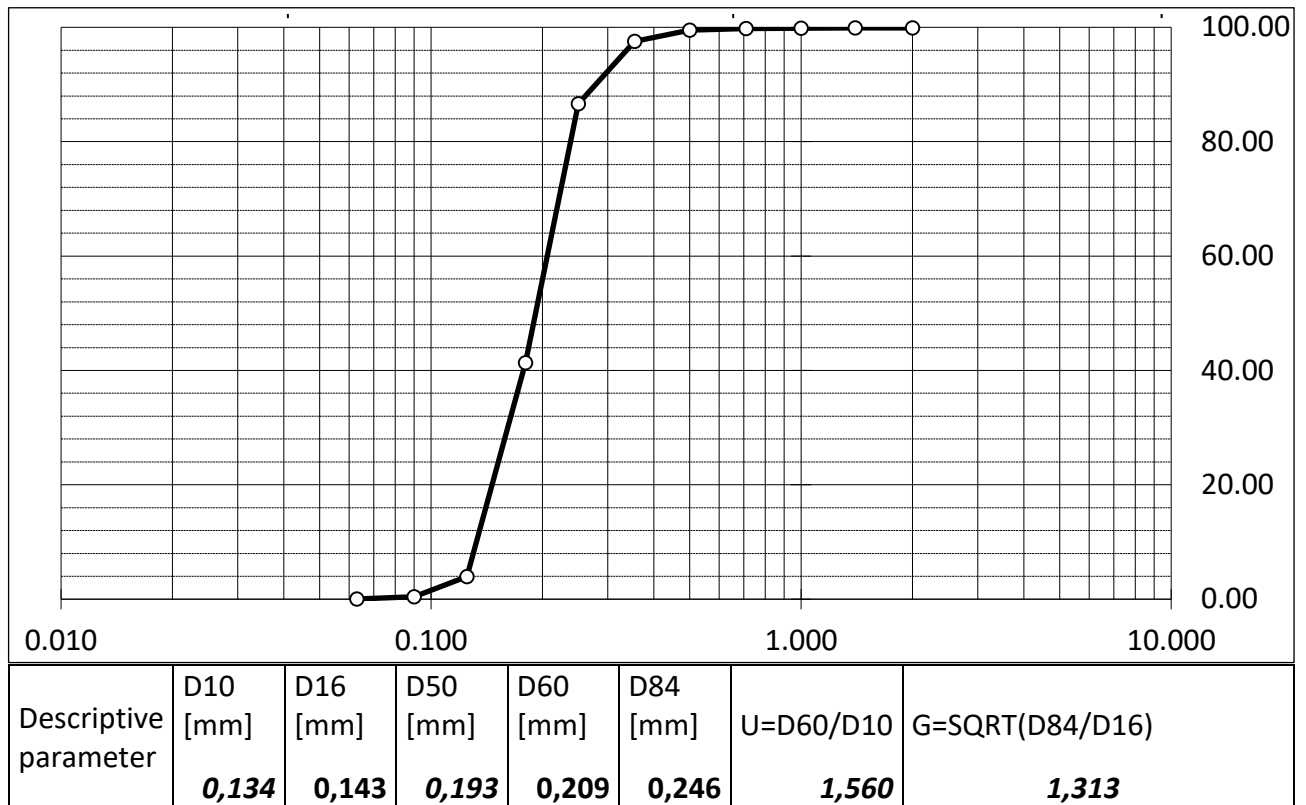
Figur A.62: Prøve 427-1



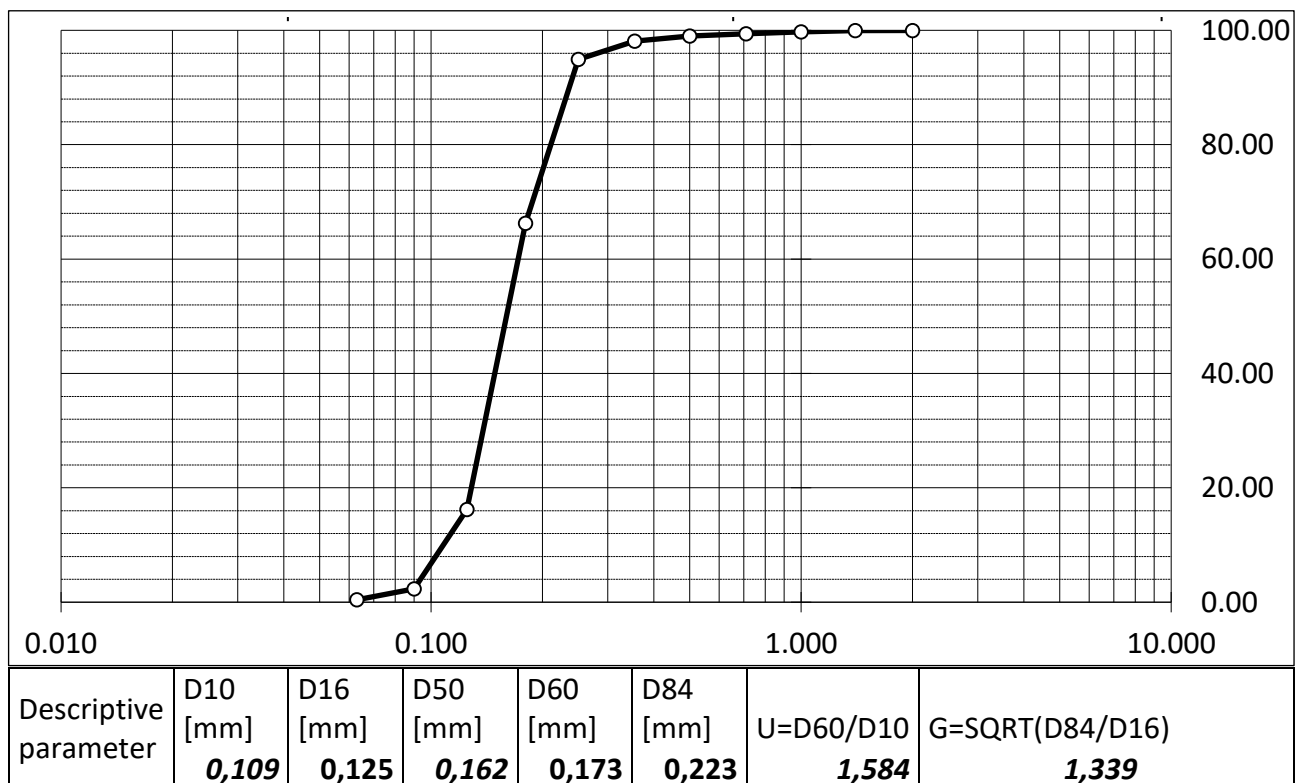
Figur A.63: Prøve 432-1



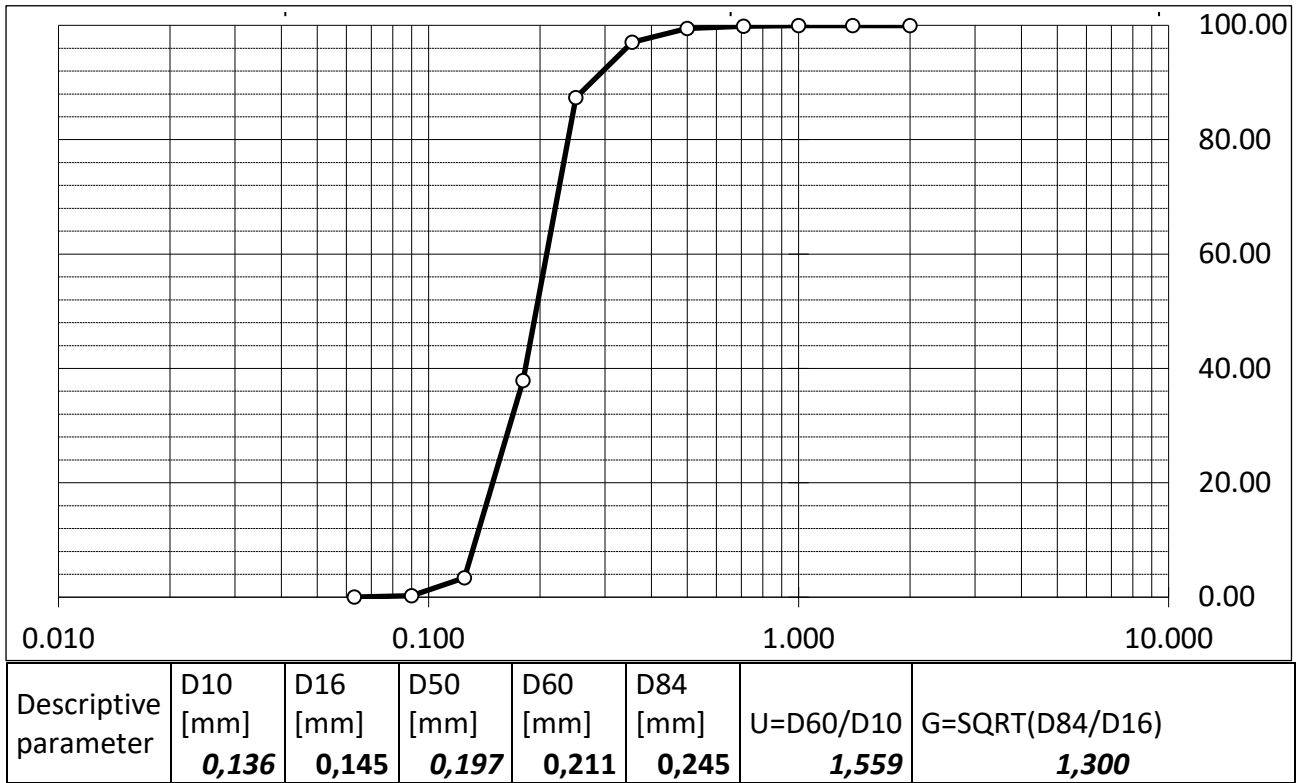
Figur A.64: Prøve 432-2



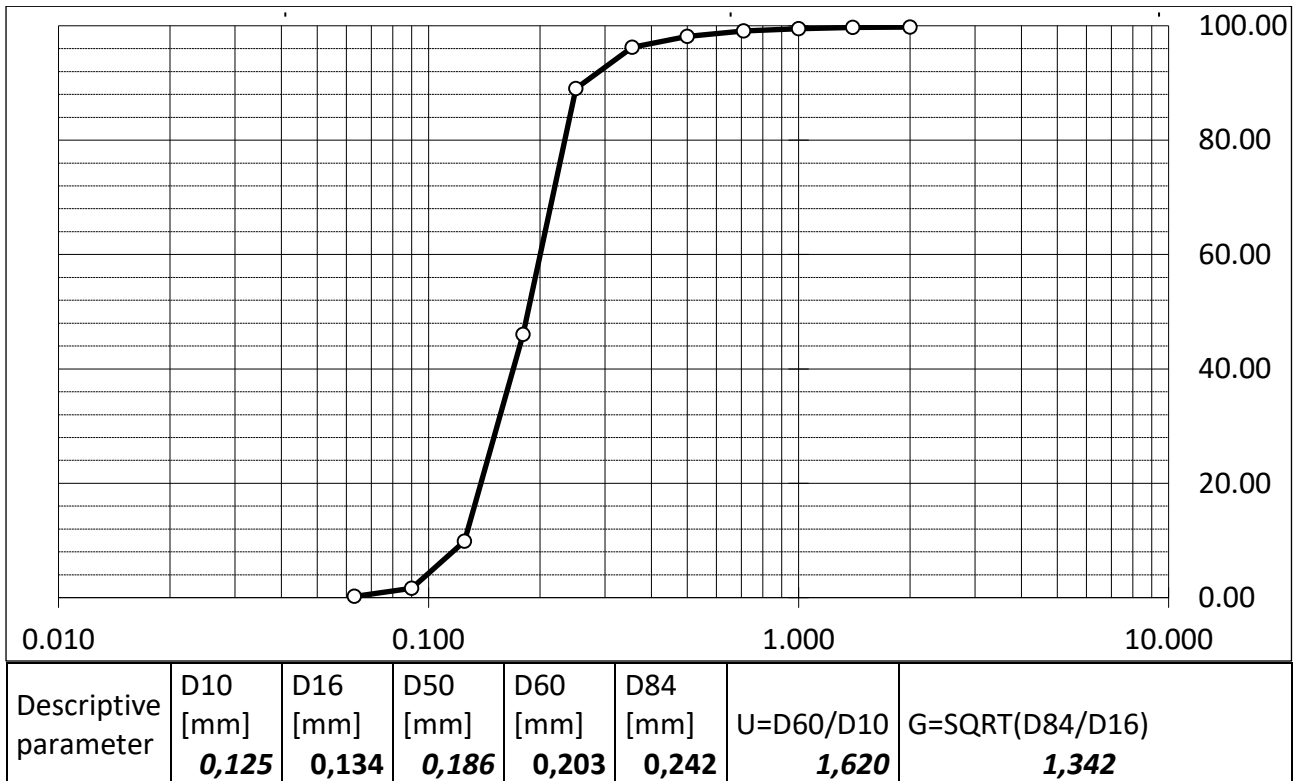
Figur A.65: Prøve 437-1



Figur A.66: Prøve 437-2



Figur A.67: Prøve 442-1



Figur A.68: Prøve 442-2