



RESULTATER AF TRE DANSKE TRÆARTSFORSØG MED POPPELKLONER, PIL OG RØDEL

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Der er markante forskelle mellem træarter og poppelkloner mht. plantedød, tørstofudbytte og tørstofindhold. Dette understreger vigtigheden af grundig afprøvning som grundlag for anbefalinger om valg af arter og kloner.

SAMMENDRAG

Der blev i foråret 2011 etableret tre træartsforsøg i hhv. Skejby (JB7), Foulum (JB4) og Jyndeved (JB1) med højt plantetal og korte høstintervaller. I forsøgene indgik enten 5 eller 6 poppelkloner (AF8, Androscoggin, Hybrid 275, Max1, Max3 og OP42), en pileklon (Inger) og en rødel-type (frøkilde). Poppel- og pileklonerne blev etableret vha. stiklinger, mens rødel blev etableret vha. barrodsplanter. Alle arter og kloner blev etableret med ca. 12.000 planter pr. ha. I forsøget i Skejby blev der målt udbytte 3 gange over 7 vækstsæsoner, mens der i Foulum og Jyndeved blev målt udbytte 2 gange over 6 vækstsæsoner.

Generelt dannede pileklonen Inger flere skud pr. plante end poppelklonerne og rødel, mens der kun var begrænset forskel i skudtætheden blandt poppelklonerne. De fleste arter og kloner bevarede et relativt højt plantetal over 6-7 år, dog med undtagelse af poppelklonen AF8, der var helt udgået i Skejby efter 7 år og stærkt reduceret i plantetal i Foulum og Jyndeved efter 6 år.

I forsøget i Skejby gav pileklonen Inger og poppelklonerne Hybrid 275, OP42, Max1 og Max3 højest tørstofudbytte med et udbyttelniveau mellem 10,4 og 9,9 tons tørstof/ha/år over 7 år. I forsøget i Foulum gav pileklonen Inger givet højest udbytte med 10,4 tons tørstof/ha/år over 6 vækstsæsoner, efterfulgt af poppelklonerne Max3 og OP42 med hhv. 9,3 og 8,6 tons tørstof/ha/år.

I forsøget i Jyndeved gav poppelklonen Max3 højest udbytte med 7,7 tons tørstof/ha/år over 6

vækstsæsoner, efterfulgt af pileklonen Inger med 6,6 tons tørstof/ha/år og poppelklonerne Hybrid 275 og OP42 med hhv. 6,3 og 5,4 tons tørstof/ha/år. Poppelklonen AF8 har i alle tre forsøg givet lavest udbytte med hhv. 2,9, 3,1 og 2,2 tons tørstof/ha/år. Rødel har ligeledes givet lavt udbytte i alle tre forsøg med hhv. 5,4, 4,7 og 4,0 tons tørstof/ha/år. Der var også signifikante forskelle mellem arter og kloner i tørstofindhold med generelt højest tørstofindhold i pileklonen Inger og poppelklonerne OP42, Hybrid 275 og Androscoggin.

Selvom der er nogen variation i de højest ydende arter og kloner, er rangordenen blandt arter og kloner generelt konsistent på tværs af de tre lokaliteter, hvilket illustrerer en stærk genetisk effekt på udbyttepotentialet. Dette understreger vigtigheden af forsøgsmæssig afprøvning som grundlag for anbefalinger om valg af arter og kloner af hurtigt voksende træarter.

Medforfattere: Poul Erik Lærke & Uffe Jørgensen, Aarhus Universitet

BAGGRUND

Dyrkning af pil og poppel som energiafgrøder kan bidrage til forsyningen af træflis og samtidig give miljømæssige fordele sammenlignet med enårige afgrøder. Denne 'dobbelte' effekt har medført interesse for dyrkning af pil og poppel og i perioder også forskellige tilskudsordninger til at fremme dyrkningen. Der har imidlertid været et meget mangelfuldt grundlag for at vælge gode kloner af pil og poppel, da der kun har været gennemført få systematiske afprøvninger under danske forhold. For at forbedre kendskabet til forskellige kloners dyrkningsegenskaber og udbytter blev der i 2010 etableret en forsøgsserie med 8 pilekloner afprøvet på 5 lokaliteter i Jylland. Resultaterne fra denne forsøgsserie er afrapporteret i Oversigt over Landsforsøgene 2013 og 2016 (Larsen *et al.*, 2013a; 2016a) med udbyttet for hhv. 1. og 2. treårige høstrotation.

Pil er primært egnet til relativt korte høstrotationer på 2 til 5 år, mens poppel kan dyrkes med forskellige høstintervaller varierende fra korte rotationer på få år til mellemlange rotationer på 5-15 år og lange rotationer på op over 20 år. Plantetallet tilpasses efter rotationslængden med høje plantetal ved korte høstrotationer og vice versa. I 1992 blev der anlagt to danske forsøg med 36 poppelkloner, hvor udbyttet blev målt i 5 og 13 års høstrotationer (Nielsen *et al.*, 2014). Der er imidlertid ikke tidligere gennemført danske afprøvninger af forskellige poppelkloner dyrket med højt plantetal og korte høstrotationer, ligesom der heller ikke menes at være lavet systematiske danske sammenligninger af pil og poppel dyrket med samme korte omdriftstid. Dette er baggrunden for, at der i 2011 blev etableret en forsøgsserie med afprøvning af 5 eller 6 poppelkloner, en pileklon og en rødetype, der blev dyrket på tre lokaliteter i Jylland.

TRÆARTSFORSØG ANLAGT I 2011

De tre træartsforsøg blev anlagt medio maj 2011 på JB 7 i Skejby, JB 4 i Foulum og JB 1 i Jyndevad. I alle tre forsøg indgik pileklonen Inger, rødel fra frøkilden Truust samt poppelklonerne OP42, Max1, Hybrid 275, Androscoggin og AF8. I forsøget i Skejby indgik desuden poppelklonen Max3. Tabel 1 viser en oversigt over de afprøvede arter og kloner og den genetiske baggrund for klonerne af pil og poppel. OP42 og Hybrid 275 er i øvrigt

synonymer for samme poppelklon (Nielsen *et al.*, 2014).

Tabel 1. Oversigt over træarter og kloner i træartsforsøg anlagt på tre lokaliteter i foråret 2011

Art/klon	Latinsk navn	Forsøgslokaliteter		
		Skejby	Foulum	Jynde vad
Poppel OP42	<i>Populus trichocarpa</i> x <i>P. maximowiczii</i>	X	X	X
Poppel Max 1	<i>Populus maximowiczii</i> x <i>P. nigra</i>	X		
Poppel Max 3	<i>Populus maximowiczii</i> x <i>P. nigra</i>	X	X	X
Poppel Hybrid 275 (NE42)	<i>Populus maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	X	X	X
Poppel Androscoggin	<i>Populus maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	X	X	X
Poppel AF8	<i>Populus</i> x <i>generosa</i> (<i>trichocarpa</i> x <i>angulata</i>)	X	X	X
Pil Inger	<i>Salix triandra</i> x <i>S. viminalis</i>	X	X	X
Rødel Truust (frøkilde)	<i>Alnus glutinosa</i>	X	X	X

Alle arter og kloner blev etableret med 12.000 planter pr. ha i et dobbeltrækkesystem med 1,5 m mellem dobbeltrækker og 0,75 m mellem rækker i dobbeltrækken. Dette plantetal og plantningssystem er standard ved piledyrkning, hvorimod det er et højt plantetal for poppel og især rødel. Pil og poppel blev etableret med 20 cm stiklinger, mens rødel blev etableret med barrodsplanter. I alle tre forsøg er ukrudt bekæmpet effektivt, især i etableringsåret, og der er sikret en god næringsstofforsyning ved gødskning i hver høstrotation i Skejby og ved årlig gødskning i Foulum og Jynde vad, dog ikke i etableringsåret. Forsøget i Skejby er høstet efter 3., 5. og 7. vækstsæson, dvs. med høstintervaller på 3, 2 og 2 år. Forsøgene i Foulum og Jynde vad er høstet efter 3. og 6. vækstsæson. Årlig gødskning og ukrudtsbekæmpelse i forsøgene er vist i tabel 2 og 3. Forsøgene er løbende beskrevet i Oversigt over Landsforsøgene 2011-2016 (Larsen *et al.*, 2011; 2012; 2013b; 2014; 2015; 2016b). I denne artikel sammenfattes resultaterne for 6-7 vækstsæsoner.

Tabel 2. Oversigt over høstrotationer, gødskning og ukrudtsbekæmpelse i træartsforsøg i Skejby. Rødel er dog ikke gødsket i 2. og 3. rotation

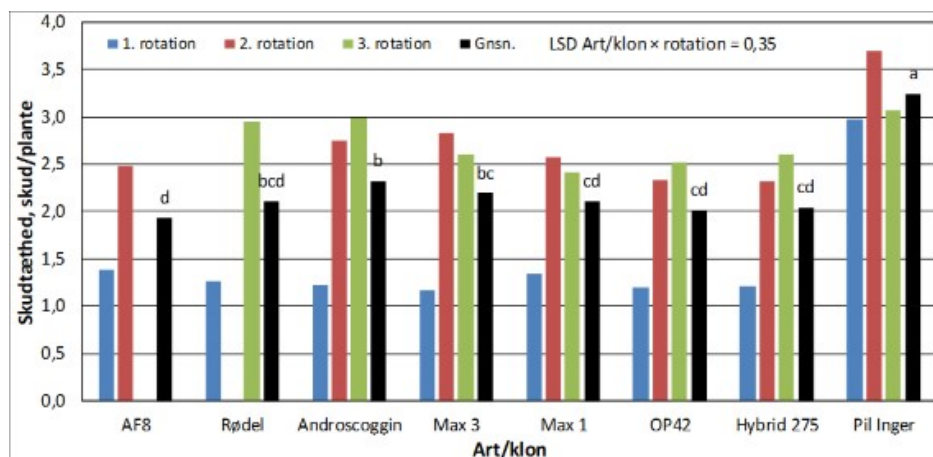
År	Skejby				
	Høstrotationer	Gødskning, kg/ha			Ukrudtsbekæmpelse
		N	P	K	
2011	1.	0	0	0	Mekanisk, hakning, kemisk
2012		120	0	0	Kemisk
2013		0	0	0	-
2014	2.	80	11	38	Kemisk
2015		0	0	0	-
2016	3.	80	11	38	-
2017		0	0	0	-

Tabel 3. Oversigt over høstrotationer, gødskning og ukrudtsbekæmpelse i træartsforsøg i Foulum og Jydevad

År	Høstrotationer	Foulum				Jydevad			
		Gødskning, kg/ha			Ukrudtsbekæmpelse	Gødskning, kg/ha			Ukrudtsbekæmpelse
		N	P	K		N	P	K	
2011	1.	0	0	0	Mekanisk	0	0	0	Mekanisk
2012		120	0	0	Kemisk	125	0	0	Mekanisk, kemisk
2013		120	17	57	-	120	17	57	-
2014	2.	80	11	38	Mekanisk, kemisk	120	17	57	Mekanisk, kemisk
2015		80	11	38	-	80	11	38	-
2016		80	11	38	-	80	11	38	-

SKUDTÆTHED

I forsøget i Skejby blev der før hver høst registreret antal skud pr. plante (figur 1). For alle arter og kloner steg antallet af skud pr. plante fra 1. til 2. og 3. høstrotation, hvilket skyldes, at høsten har stimuleret dannelsen af nye skud fra stødet. Generelt har pileklonen Inger dannet flere skud pr. plante end poppelklonerne og rødæl, mens der kun har været begrænset forskel i skudtætheden blandt poppelklonerne. Poppelklonerne Max1 og Max3 har generelt haft flere sidegrene på stammerne end de øvrige poppelkloner (se fotos).



Figur 1. Skud pr. plante før høst i 1. til 3. høstrotation i træartsforsøg ved Skejby. Der er foretaget

målinger efter 3., 5. og 7. vækstsæson. Arter og kloner er sorteret efter stigende gennemsnitligt tørstofudbytte for alle 7 vækstsæsoner. I 2. rotation er der ikke registreret skudtæthed i rødæl. I 3. rotation var der ingen planter tilbage af AF8. Bogstaver angiver LSD-grupper for art/klon som gennemsnit af de 3 rotationer.







To-års skud i forsøget i Skejby, fotograferet 8/1 2018 kort før 3. høst. Øverst poppelklonen OP42

med relativt få dominerende skud. Midterst pileklonen Inger med flere hovedskud og nederst rødel.

(Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



To-års skud i poppelklonen Max3 i forsøget i Skejby, fotograferet 8/1 2018 kort før 3. høst.

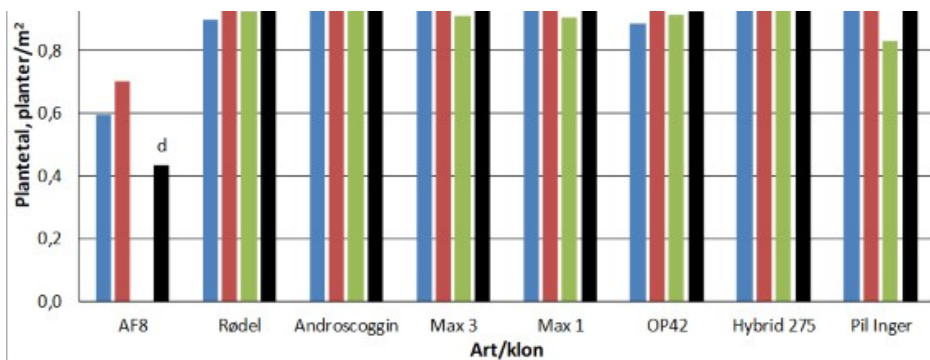
Max-klonerne har generelt mere udlæggende sideskud end de øvrige poppelkloner.

(Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

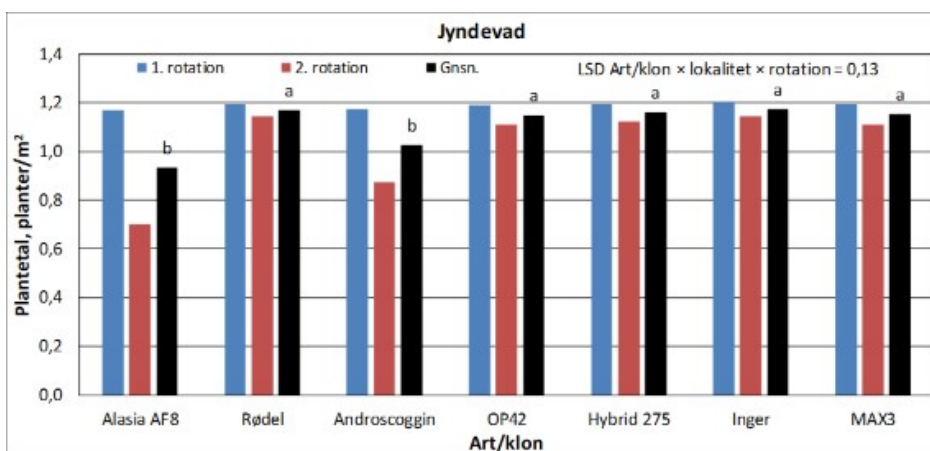
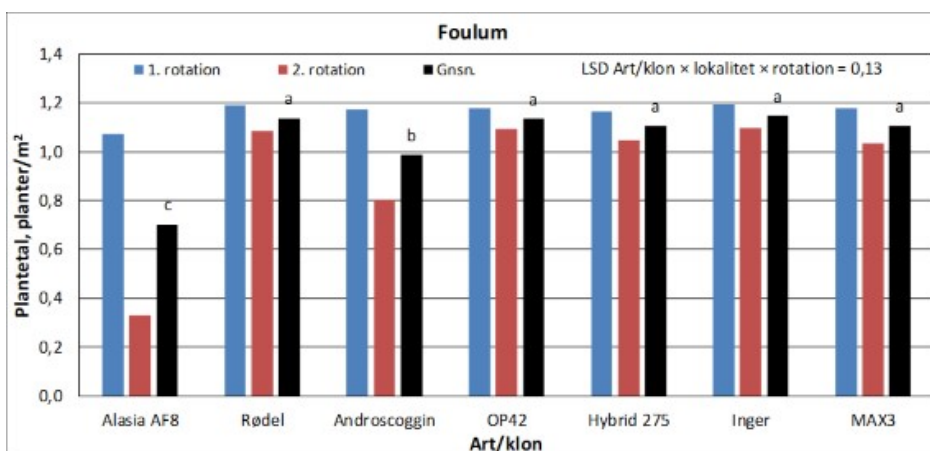
PLANTETAL

Forud for udbyttmålingerne i forsøgene er der registreret plantetal i alle parceller (figur 2 og 3). De fleste arter og kloner bevarede et relativt højt plantetal over 6-7 vækstsæsoner. En væsentlig afvigelse fra dette er poppelklonen AF8, der allerede i etableringsåret havde relativt lavt plantetal i forsøget i Skejby pga. lav kvalitet af de anvendte stiklinger (figur 2). Derudover faldt plantetallet i AF8 markant over tid i alle 3 forsøg, især i Skejby, hvor der ikke var flere planter tilbage i nettoparcellerne efter 7. vækstsæson (se figur 2 og fotos), men også i Foulum og Jyndevad hvor plantetallet efter 6. vækstsæson var reduceret til omtrent en tredjedel hhv. to tredjedele (se figur 3 og fotos). Den udtalte plantedød i poppelklonen AF8 formodes bl.a. at skyldes større modtagelighed overfor sygdommen poppelbarkbrand men muligvis også generelt manglende egnethed til det danske klima. I forsøgene i Foulum og Jyndevad faldt plantetallet for poppelklonen Androscoggin også lidt fra 1. til 2. høstrotation, mens der kun var en meget lille ændring for de øvrige arter og kloner.





Figur 2. Plantetal før høst i 1. til 3. høstrotation i træartsforsøg ved Skejby. Der er foretaget målinger efter 3., 5. og 7. vækstsæson. Arter og kloner er sorteret efter stigende gennemsnitligt tørstofudbytte for alle 7 vækstsæsoner. Bogstaver angiver LSD-grupper for art/klon som gennemsnit af de 3 rotationer.



Figur 3. Plantetal før høst efter 1. og 2. høstrotation i træartsforsøg i Foulum og Jyndeved. Der er målt udbytter efter 3. og 6. vækstsæson. Arter/kloner er sorteret efter stigende udbytte som gennemsnit af begge høstrotationer og begge lokaliteter Foulum og Jyndeved. Bogstaver angiver LSD-

grupper for art/klon som gennemsnit af de 2 rotationer.



Parceller i forsøget i Skejby, fotograferet 8/1 2018 kort før 3. høst. På fotoet til venstre ses rødel til venstre og pileklonen Inger til højre, begge med god plantebestand efter 7 vækstsæsoner men tydelig forskel i biomasseproduktion. På fotoet til højre ses en parcel med poppelklonen AF, hvor alle planter i nettoparcellen på dette tidspunkt var væk. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



Forsøget i Skejby, fotograferet 20/2 2018 umiddelbart efter 3. høst. De 4 gullige parceller er med poppelklonen AF8, hvor der ikke længere var nogen planter tilbage og derfor har været en betydelig ukrudtsvækst. De 4 grønlig-parceller er med rødel, hvor der var en del lavt græsukrudt, formodentlig

pga. mindre skygge fra rødellen men muligvis også pga. større kvælstofindhold i jorden pga. rødellens kvælstoffiksering. (Foto: Torben Nørremark, Teknologisk Institut).



Parcel med poppelklonen AF8 i forsøget i Foulum, fotograferet 16/10 2017. Alle planter var døde i denne parcel. (Foto: Poul Erik Lærke, Aarhus Universitet).



Forsøget i Jyndevad, fotograferet august 2017. De mest brunlige parceller er med poppelklonen AF8,

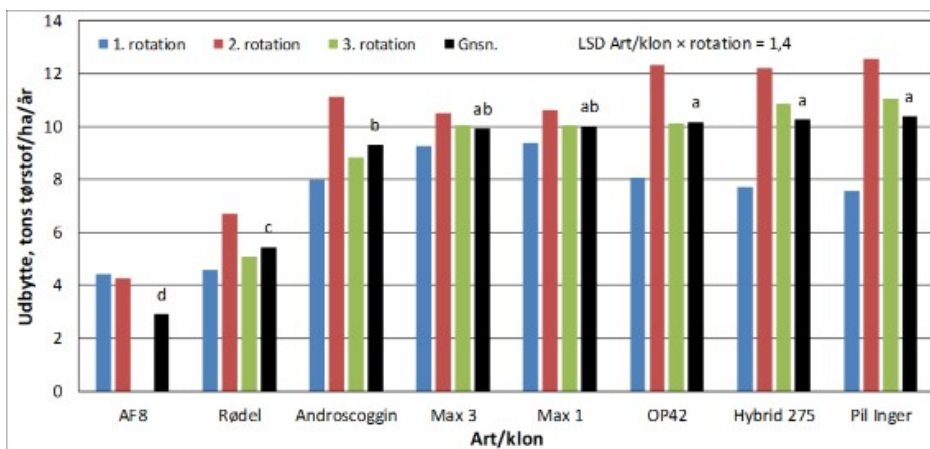
hvor der pga. lavere plantetal og mindre kraftig vækst var en del ukrudt.
(Foto: Henning Thomsen, Aarhus Universitet).

TØRSTOFUDBYTTE

Tørstofudbyttet har varieret signifikant mellem arter og kloner i alle tre forsøg, ligesom udbyttet har udviklet sig forskelligt over tid. I forsøget i Skejby har poppelklonen AF8 og rødæl i alle tre høstrotationer givet signifikant lavere udbytte end de øvrige poppelkloner og pileklonen Inger (figur 4). Udbyttet steg fra 1. til 2. og 3. høstrotation for alle arter og kloner med undtagelse af AF8, hvor udbyttet var uændret fra 1. til 2. rotation men faldt til intet udbytte i 3. rotation. Som gennemsnit af de 7 vækstsæsoner havde pileklonen Inger og poppelklonerne Hybrid 275, OP42, Max1 og Max3 samme udbyttensniveau med mellem 10,4 og 9,9 tons tørstof/ha/år. Poppelklonen Androscoggin havde lidt lavere udbytte på 9,3 tons tørstof/ha/år, mens rødæl og poppelklonen AF8 havde lavest udbytte på hhv. 5,4 og 2,9 tons tørstof/ha/år.

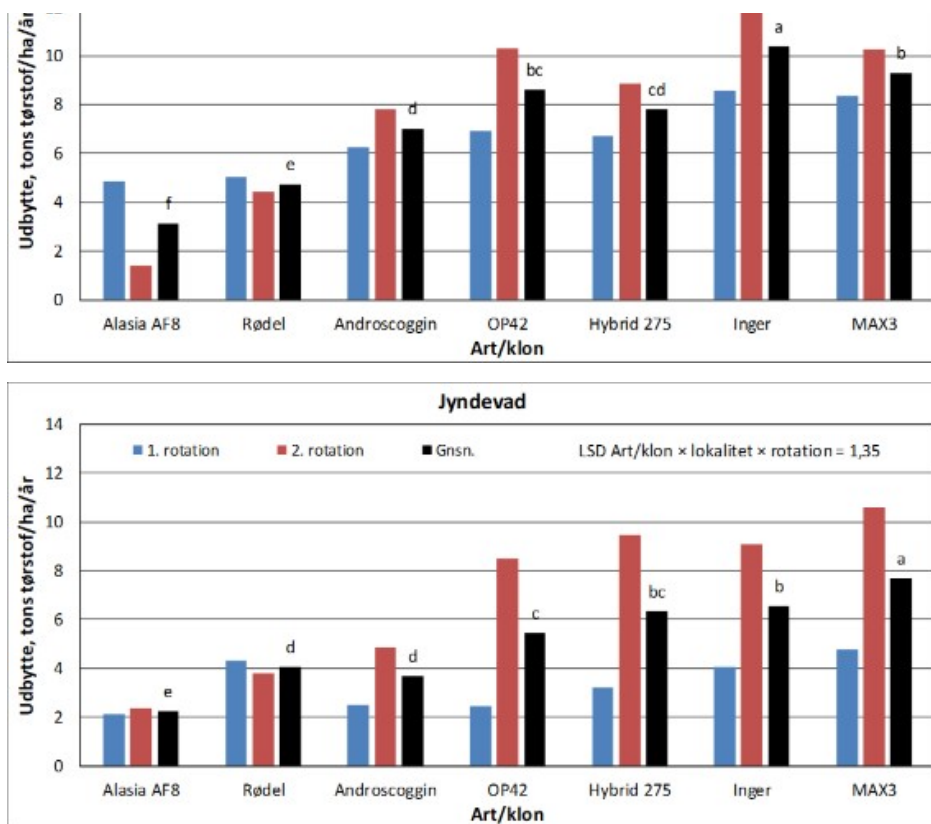
I forsøget i Foulum har pileklonen Inger givet højest udbytte med 10,4 tons tørstof/ha/år over 6 vækstsæsoner, efterfulgt af poppelklonerne Max3 og OP42 med hhv. 9,3 og 8,6 tons tørstof/ha/år og Hybrid 275 og Androscoggin med hhv. 7,8 og 7,0 tons tørstof/ha/år (figur 5). Det laveste udbytte blev opnået i poppelklonen AF8 og rødæl med hhv. 3,1 og 4,7 tons tørstof/ha/år.

I forsøget i Jyndevad har poppelklonen Max3 givet højest udbytte over 6 vækstsæsoner med 7,7 tons tørstof/ha/år, efterfulgt af pileklonen Inger med 6,6 tons tørstof/ha/år og poppelklonerne Hybrid 275 og OP42 med hhv. 6,3 og 5,4 tons tørstof/ha/år og Androscoggin og rødæl med hhv. 3,7 og 4,0 tons tørstof/ha/år (figur 5). Det laveste udbytte blev også her opnået i poppelklonen AF8 med 2,2 tons tørstof/ha/år.



Figur 4. Tørstofudbytte i 1. til 3. høstrotation i træartsforsøg ved Skejby. Der er foretaget målinger efter 3., 5. og 7. vækstsæson. Arter og kloner er sorteret efter stigende gennemsnitligt udbytte over 7 vækstår. Bogstaver angiver LSD-grupper for art/klon som gennemsnit af de 3 rotationer.





Figur 5. Tørstofudbytte i 1. og 2. høstrotation i træartsforsøg i Foulum og Jyndeved. Der er målt udbytter efter 3. og 6. vækstsæson. Arter/kloner er sorteret efter stigende udbytte som gennemsnit af begge høstrotationer og begge lokaliteter Foulum og Jyndeved. Bogstaver angiver LSD-grupper for art/klon som gennemsnit af de 2 rotationer.



Høst af nettoparcel med en poppelklon i forsøget i Skejby, 2/12 2015, hvor der blev høstet toårs

skud efter 2. høstrotation. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).



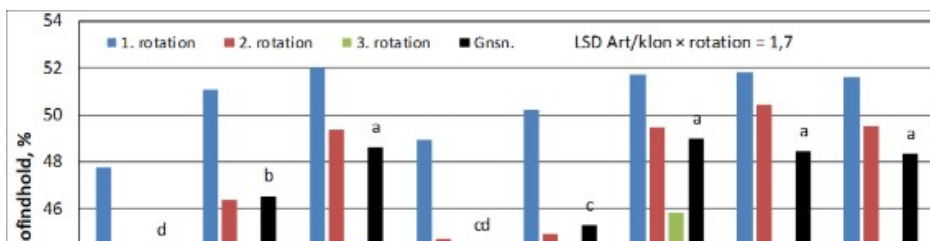
Bundt med skud fra en nettoparcel i forsøget i Skejby, klar til vejning med hængevægt. Fotograferet 2/12 2015. (Foto: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut).

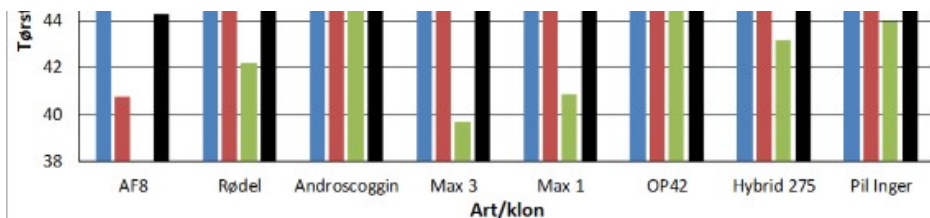
TØRSTOFINDHOLD

Tørstofindholdet i den høstede biomasse varierede betydeligt mellem høstrotationerne i forsøget i Skejby, nok primært afhængig af vejret på høsttidspunktet. Tørstofindholdet varierede dog også mellem arter og kloner, og som gennemsnit af de tre høstrotationer var der højest tørstofudbytte i poppelklonerne OP42, Androscoggin, Hybrid 275 og pileklonen Inger med 48,4-49,0 pct. tørstof (figur 6). Der var lidt lavere tørstofindhold i rødøl og lavest i poppelklonerne Max1, Max3 og AF8 med ned til 44,3 pct. tørstof.

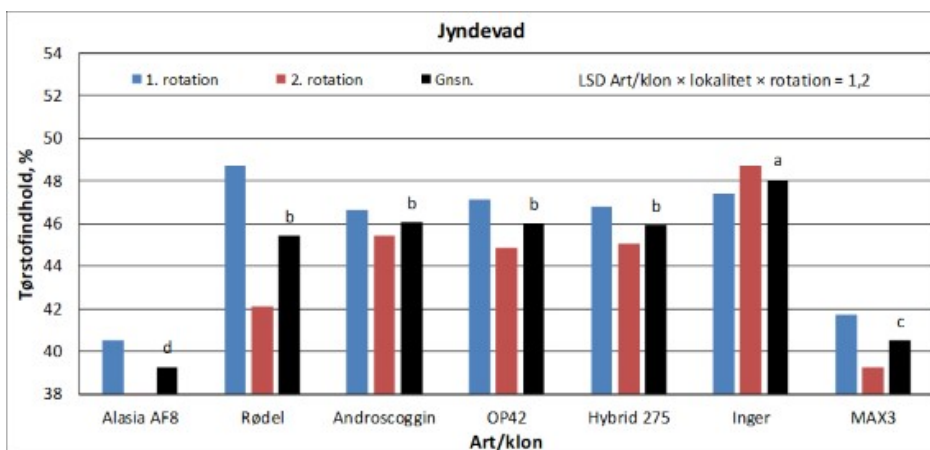
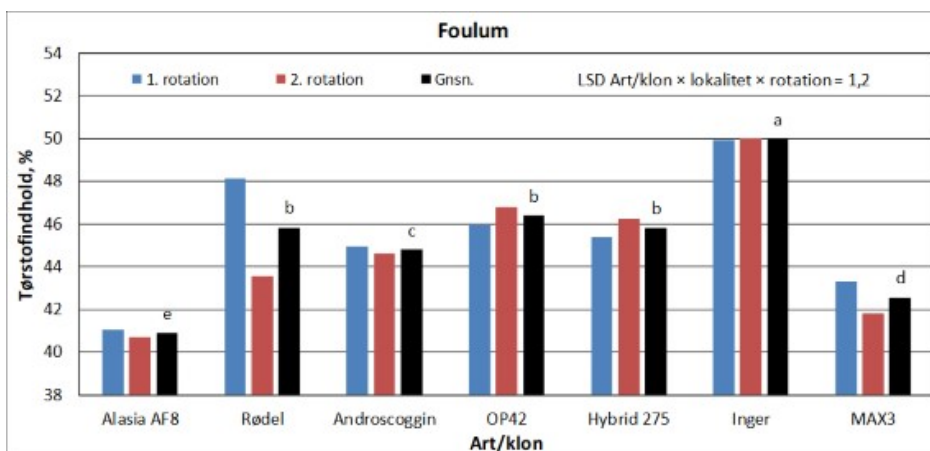
I forsøgene i Foulum og Jyndevad var tørstofindholdet højest i pileklonen Inger med hhv. 50,0 og 48,1 pct. som gennemsnit af de to høstrotationer (figur 7). Tørstofindholdet var lidt lavere i poppelklonerne OP42, Hybrid 275, Androscoggin og rødøl, efterfulgt af poppelklonen Max3 og lavest i AF8 med ned til 40,9 og 39,3 pct. tørstof i hhv. Foulum og Jyndevad.

Resultaterne viser, at der er genetiske forskelle i tørstofindholdet med generelt højest tørstofindhold i pileklonen Inger og poppelklonerne OP42, Hybrid 275 og Androscoggin. Forskellene i tørstofindhold er af en størrelsesorden, der kan have en vis betydning for kvaliteten af biomassen til forbrænding samt for afregningsprisen pr. ton tørstof.





Figur 6. Tørstofindhold i 1. til 3. høstrotation i træartsforsøg ved Skejby. Der er foretaget målinger efter 3., 5. og 7. vækstsæson. Arter og kloner er sorteret efter stigende gennemsnitligt tørstofudbytte for alle 7 vækstsæsoner. Bogstaver angiver LSD-grupper for art/klon som gennemsnit af de 3 rotationer.



Figur 7. Tørstofindhold i 1. og 2. høstrotation i træartsforsøg i Foulum og Jydevad. Der er målt udbytter efter 3. og 6. vækstsæson. Arter/kloner er sorteret efter stigende udbytte som gennemsnit af begge høstrotationer og begge lokaliteter Foulum og Jydevad. Bogstaver angiver LSD-grupper for art/klon som gennemsnit af de 2 rotationer.

KONKLUSION

Forsøgsresultaterne viser, at selvom der er nogen variation i de højest ydende arter og kloner, så er rangordenen blandt arter og kloner generelt konsistent på tværs af de tre lokaliteter, dvs. at de bedste genotyper generelt klarer sig godt på alle tre lokaliteter, nemlig pileklonen Inger og poppelklonerne Hybrid 275, OP42, Max1 og Max3. Det lave udbytte af poppelklonen AF8 skyldes delvis det lavere plantetal men også en lavere produktivitet pr. plante. Det konsekvent lavere udbytte af AF8 på alle tre forsøgslokaliteter viser tydeligt, at denne genotype er uegnet til produktionsformål under danske forhold. Resultaterne illustrerer en stærk genetisk effekt på udbyttepotentialet og understreger vigtigheden af forsøgsmæssig afprøvning som grundlag for anbefalinger om valg af arter og kloner af hurtigt voksende træarter. Resultaterne illustrerer også, at der findes flere poppelkloner, som faktisk er egnede til dyrkning med højt plantetal og korte høstintervaller under danske forhold og med omtrent samme udbyttelniveau som pileklonen Inger. Rødel har derimod et væsentligt lavere udbyttepotentiale ved denne dyrkningsform. Det kan ikke ud fra disse forsøg afgøres, hvordan poppelklonerne og rødel vil klare sig i et dyrkningssystem med lavere plantetal og længere høstintervaller.

REFERENCER

Nielsen, U.B., Madsen, P., Hansen, J.K., Nord-Larsen, T. & Nielsen, A.T. (2014). Production potential of 36 poplar clones grown at medium length rotation in Denmark. Biomass and Bioenergy, 64, 99-109.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2011). Etablering af artsforsøg med poppel, pil og rødel. Oversigt over Landsforsøgene 2011, s.196-197.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2012). Artsforsøg med poppel, pil og rødel. Oversigt over Landsforsøgene 2012, s.213-214.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2013b). Artsforsøg med poppel, pil og rødel. Oversigt over Landsforsøgene 2013, s.186-187.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2014). Store udbytteforskelle i træartsforsøg med poppelsorter, pil og rødel. Oversigt over Landsforsøgene 2014, s.179-182.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2015). Forskel i bladrust blandt træarter og poppelsorter. Oversigt over Landsforsøgene 2015, s.175-176.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2016a). Store udbytteforskelle mellem pilesorter i både første og anden høstrotation. Oversigt over Landsforsøgene 2016, s.172-173.

Larsen, S.U., Jørgensen, U. & Lærke, P.E. (2016b). Store udbytteforskelle i træartsforsøg med poppelsorter, pil og rødel. Oversigt over Landsforsøgene 2016, s.175-177.

Larsen, S.U., Jørgensen, U., Lærke, P.E., Vistedsen, T.H. & Søndergaard, S. (2013a). Sortsforsøg i energipil. Oversigt over Landsforsøgene 2013, s.182-185.
