

Styrkingarmöguleikar burðarlags í vegum

Áfangaskýrsla 31.mars 2016

Mars 2016

Þorbjörg Sævarsdóttir, Jón Magnússon & Bergþóra Kristinsdóttir



EFNISYFIRLIT

EFNISYFIRLIT	1
1 INNGANGUR.....	3
2 ATHUGUNARSTAÐIR.....	3
2.1 Sementsstyrking í Borgarfirði	4
2.1.1 <i>Sementsbundnir kjarnar.....</i>	<i>5</i>
2.2 Óbundinn endurbæting Skálholtsvegur	6
2.3 Falllóðsmælingar	8
2.4 Sementsfestir vegir (sementsbundið burðarlag).....	9
2.5 Bikbundnir vegir (bikfest burðarlag)	11
2.6 Vegir sem er keyrt í án frekari styrkingar eða endurbyggðir að hluta.....	14
3 SAMANTEKT	15
4 LOKAORÐ	19
HEIMILDIR.....	19
VIÐAUKI 1	21
VIÐAUKI 2	35
VIÐAUKI 3	51

1 INNGANGUR

Ljóst er að á næstu árum verður nauðsynlegt að ráðast í meira mæli í styrkingu vegakerfisins þar sem endurnýjun þess og viðhald er langt undir þörfum. Vegir landsins eru flestir komnir til ára sinna og aldur þeirra almennt kominn fram yfir hannaðan nytjatíma. Þá hefur umferð og álag á vegi landsins aukist til muna á síðustu árum og umferðarspár gefa til kynna áframhaldandi þróun í þá veru. Þegar kemur að burðarþolsstyrkingum vega eru margar leiðir færar (Valgeir Valgeirsson o.fl. 2003), en miklu máli skiptir að velja réttu aðferðina þannig að verkefnin verði sem hagkvæmust.

Í þessu verkefni var valið að skoða tvær algengar aðferðir til styrkinga, bikbundið burðarlag og sementsbundið burðarlag, en til samanburðar voru einnig skoðaðir kaflar þar einungis var þurrfræst, keyrt í veginn og lögð á klæðing eða vegurinn að hluta endurbyggður með óbundnum burðarlögum. Reynt var að meta hversu mikið styrkur veganna jókst með hjálp falllódsmælinga, en einnig voru tveir kaflar sem voru endurbættir og styrktir sumarið 2015 skoðaðir sérstaklega.

Í framhaldinu verður reynt að meta hvenær aðferðirnar eru heppilegar, það er að segja hvaða aðstæður þurfa að vera til staðar til þess að aðgerðin heppnist og hvað innlend og erlend reynslan hefur kennt okkur. Önnur lönd þar sem aðstæður eru oft á tíðum sambærilegar við Íslenskar aðstæður eru til dæmis Noregur, Svíþjóð og Skotland. Til þess að þetta megi verða sem best er ætlunin að taka fleiri vegkafla fyrir sumarið 2016 og meta framkvæmd og styrkbreytingar þeirra. Einnig er ætlunin að skoða fleiri falllódsmælingar og bakreikna til þess að renna styrkari stoðum undir hagkvæmni og áreiðanleika styrkinga.

Hugmyndin að verkefninu var og er að meta áhrif mismunandi styrkinga og auðvelda hönnuðum að meta kosti og galla hvernar aðferðar fyrir sig fyrir mismunandi aðstæður og meta hagkvæmni þeirra.

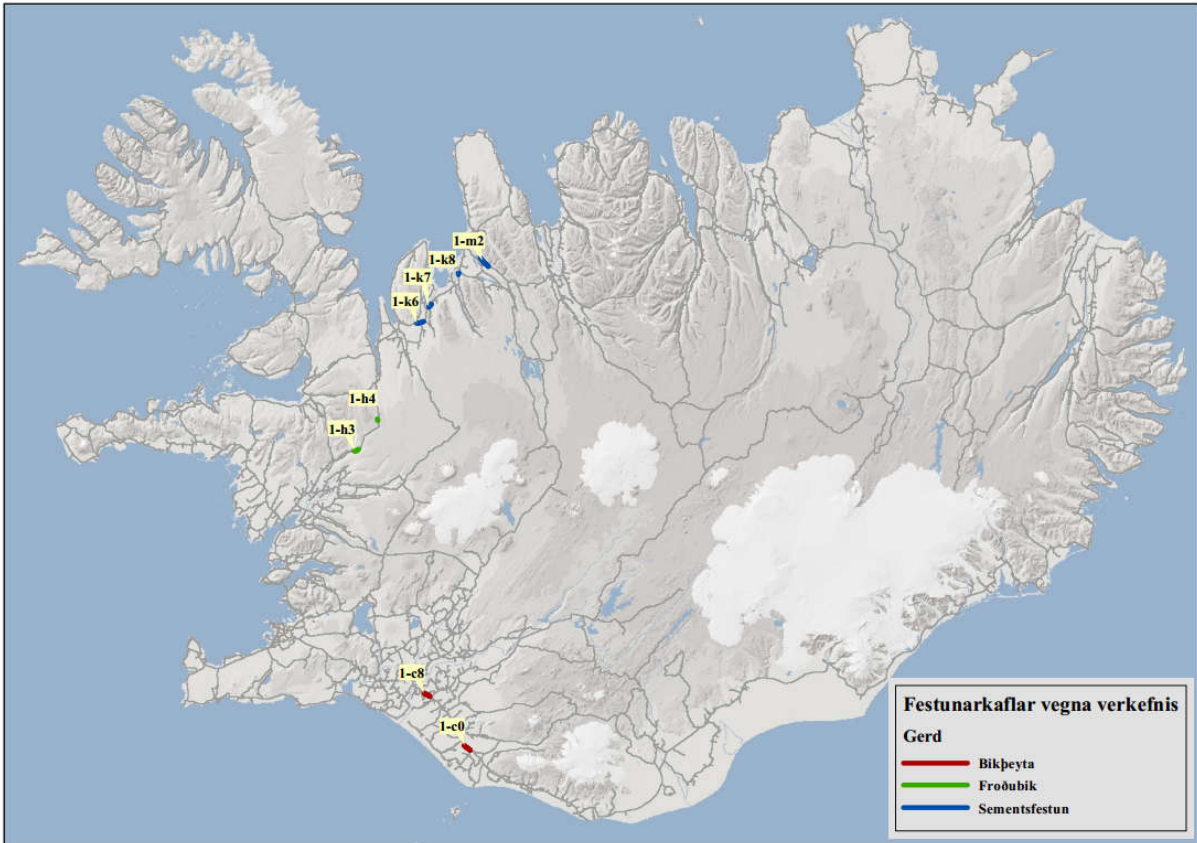
2 ATHUGUNARSTAÐIR

Eins og áður sagði voru tveir kaflar skoðaðir sérstaklega. Inní Borgarfirði var verið að sementsstyrkja hluta af hringveginum og á Skálholtsvegi var verið að laga legu vegarins og leggja nýja klæðingu. Auk þessa voru falllódsmælingar úr sex öðrum veghlutum skoðaðar fyrir og eftir endurbætur og árangurinn meinn.

Í Borgarfirði við Gljúfurá var kafli 1-g9/1-h0 (stöðvar 8.370-9.120 og 0-2.940) sementsstyrktur sumarið 2015. Kaflinn var falllódsmældur fyrir og eftir styrkingu og tekin voru sýni úr veginum til að gera kornakúrfu, mæla brothlutfall, kleyfnistuðul og framkvæma Los Angeles próf. Hluti af efninu var blandaður sementi og steypitir í kjarna, brotstyrkur þeirra var borin saman við sýni tekin úr veginum.

Við Skálholt (31-01 stöðvar 6740-9310) var verið að þurrfræsa, keyra í og endurklæða vegkafla sumarið 2015. Þessi kafli var ekki styrktur að öðru leiti og því notaður sem samanburðarkafli við styrktu kaflana. Vegspotinn var falllódsmældur fyrir og eftir endurlögn og tekið var sýni úr veginum til að gera kornakúrfu, mæla brothlutfall og kleyfnistuðul. Til að laga þverhalla og ójöfnur í veginum var keyrt í efni úr námu við Merkurlaut.

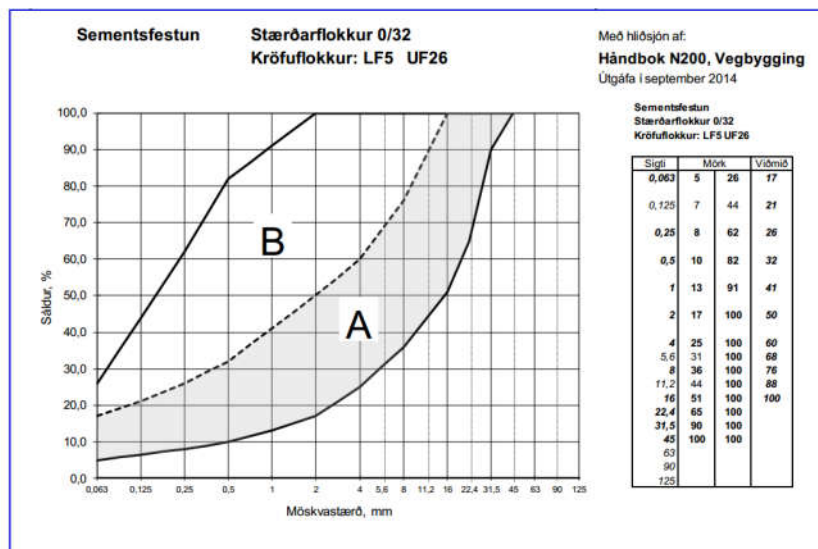
Falllódsmælingar voru skoðaðar fyrir fjóra vegkafla á Norðurlandi og tvo á Vesturlandi. Einnig stóð til að skoða tvo vegkafla af Suðurlandi en enn er verið að finna gerð styrkinga á þessum köflum og verða þeir því að bíða að sinni. Þessir vegkaflar eru ýmist sementsstyrktir, bikfest burðarlög eða endurbyggðir að hluta eins og sjá má á Mynd 1.



Mynd 1 – Fyrirhugaðir festunarkaflar til skoðunar vegna verkefnisins.

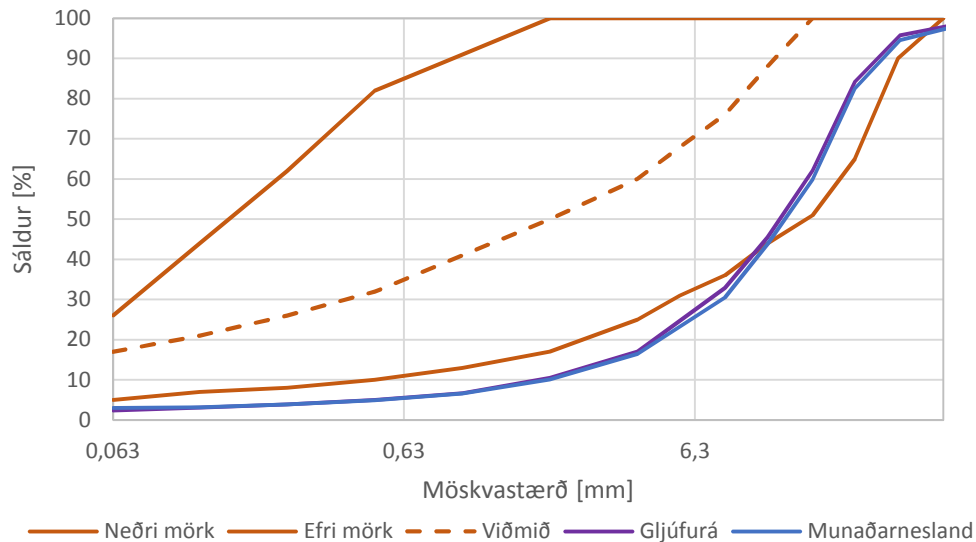
2.1 Sementsstyrking í Borgarfirði

Í Borgarfirði við Gljúfurá var tæplega 4km vegkafla sementsstyrktur sumarið 2015. Til að kanna áhrif styrkingarinnar var vegurinn falllóðsmældur fyrir og eftir styrkingu en einnig voru tekin sýni úr veginum til þess að hægt væri að bera eiginleika steinefnisins við þá eiginlega sem taldir eru æskilegir samkvæmd leiðbeiningarritum Vegagerðarinnar. Gerð var kornakúrfa, brotluftfall og kleyfnistuðul metin og Los Angeles próf framkvæmt. Þrjú kjarnar voru sementsbundnir og brotstyrkur þeirra mældur þannig að hægt væri að bera styrkinn saman við kjarna sem teknir voru úr veginum.



Mynd 2: Kornakúrfa fyrir efni til sementsfestunar í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar

Á Mynd 2 má sjá marklínur steinefnis fyrir sementsfest burðarlög eins og þau eru sýnd í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar. Tvær kornakúrfur voru fengnar úr tveimur sýnum, annað tekið við brúnna við Gljúfurá og hitt fyrir ofan afleggjarann að Munaðarneslandi. Þessar tvær kornakúrfur eru settar inná viðmiðunar kornakúrfur Vegagerðarinnar (Mynd 3) og þar sést berlega að töluvert vantar uppá fínefnainnihald burðarlagsins sem var sementsbundið. Þrátt fyrir að kornakúrfa burðarlagsins samræmist ekki viðmiðunarkúrfunni sýna falllóðsmælingar greinilega styrkingu við sementsfestunina.



Mynd 3: Viðmiðunarkornakúrfa Vegagerðarinnar ásamt kornakúrfum fengnum við Gljúfurá og Munaðarnesland

Kleyfnistuðull efnisins var 16%, sem stenst fyllilega kröfur sem settar eru upp í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar þar sem hámarks kleyfnistuðullinn er 20% þar sem árdagsumferð þungra ökutækja er meiri en 400, en þar sem fjöldinn er minni en 10 er hámarks kleyfnistuðulinn 35%.

Brothlutfall efnisins var einnig mælt (Tafla 1) og fékkst $C_{80/1}$, en samkvæmt leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar á hlutfall efnisins sem er brotið að vera hærra en 90% fyrir malað harpað grjót og minna en 3% alnúið. Þetta gildir fyrir árdagsumferð þungra bíla hærra en 400 og 100. Efnið sem við erum með er undir mörkum þess efnis sem skal vera brotið en stenst kröfur um efnismagn sem er alnúið.

Los Angeles próf gaf LA-gildi uppá 13,5% sem uppfyllir kröfur leiðbeiningarrits Vegagerðarinnar fyrir árdagsumferð þungra bíla yfir 400. LA-gildið skal vera minna en 20% fyrir 3.flokks efni sem er mjög ummyndað samkvæmt berggreiningu og minna en 25% fyrir 3.flokks efni sem er ferskt, fínblöðrótt basalt samkvæmt berggreiningu.

Tafla 1: Brothlutfall efnisins sem var sementsstyrkt

Kornastærðarbil [mm]	Hlutfall heildarsýnis [%]	C_c – Hluti brotins efnis [%]	C_{tr} – Hluti alrúnnaðs efnis [%]
4-8	15,9	88	2
8-16	29,2	73	2
16-32	33,7	82	1
Brotstig, vegið meðaltal	-	80	1

2.1.1 Sementsbundnir kjarnar

Þrjú kjarnar voru byggðir upp með 7% raka, 5% sementsmagni og 96% proctor þjöppun til að kanna brotstyrk þeirra, en samkvæmt útboðsgögnum átti brotstyrkurinn að vera að lágmarki 7 MPa en í

leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar er miðað við 5 MPa lágmarksstyrk. Niðurstöður prófanna voru langt undir mörkum en talið er að of mikið vatnsinnihald hafi spilað þar stóran þátt, ásamt þeirri staðreynd að efnið sem verið var að binda var frekar fínefnasnautt. Niðurstöður prófanna má sjá í Töflu 2 **Tafla 2:** , en brotþol kjarnanna var einungis um 3 MPa. Fyrsti kjarninn sem var prófaður var ekki mjög þéttur og ekki talin gefa nákvæma mynd af brotstyrknum.

Tafla 2: Brotþol uppbyggðra kjarna

	Brotþol [MPa]
Kjarni 1	2,39
Kjarni 2	3,09
Kjarni 3	3,06

Borkjarnar voru teknir úr veginum á 6 stöðum og þeir brotnir á Nýsköpunarmiðstöð Íslands, niðurstöður prófananna má sjá í Töflu 3. Ekki tókst að ná heilum kjarna á einum stað af sex, en þar komu sýnin brotin upp. Á stað 2 voru teknir tveir kjarnar, annar 80 mm í þvermál og hinn 144 mm. Þetta var gert til að meta hvort þvermál sýnisins hefði mikil áhrif á styrkinn þar sem 144 mm sýni hefur nánast sömu hæð og þvermál. Kjarni 2b hefur greinilega meiri styrk heldur en 2a sem gefur til kynna að styrkur breiðara sýnisins með lægri hæð / þvermál stuðul sé hærri eins og við mátti búast, en erfitt er að alhæfa út frá niðurstöðum eins sýnis. Meðaltals brotþol allra þessara kjarna er 5,4 MPa sem er töluvert lægra heldur en lágmarksstyrkur sem kveðið er á um í útboðsgögnum uppá 7 MPa en stenst viðmiðunarkröfur tilgreindar í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar. Aðeins einn kjarni (númer 4) nær tilskildum styrk, 7 MPa, tilgreindur í útboðsgögnum.

Tafla 3: Brotþol kjarna sem teknir voru úr veginum

	Stöð	Hæð / þvermál	Leiðréttingarstuðull	Brotþol [MPa]
Kjarni 1	g9-8620 / hk	1,56	0,96	5,27
Kjarni 2a	g9-9118 / vk	1,90	0,99	4,43
Kjarni 2b	g9-9118 / vk	1,09	0,89	5,75
Kjarni 3	h0-496 / hk	2,25	1,00	5,14
Kjarni 4	h0-999 / vk	2,16	1,00	7,18
Kjarni 5	h0-1501 / hk	Ónothæfur, kom brotinn upp		
Kjarni 6	h0-2023 /vk	1,78	0,98	4,67

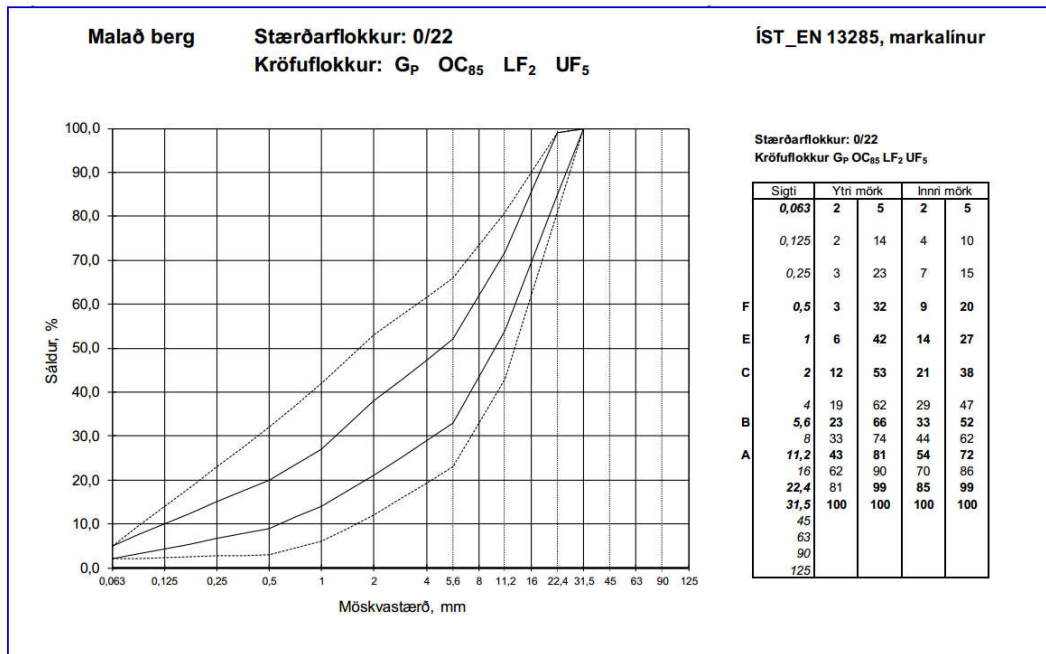
Kornakúrfa efnisins sem verið var að sementsbinda sýnir greinilega skort á fínefni og því mátti búast við því að sementið myndi ekki bindast fylliefninu eins og til er ætlast. Þrátt fyrir að efnið hafa ekki verið innan viðmiðunarmarka kornakúrfa sementsbundis efnis (Mynd 3) þá eykst samt sem áður styrkur vegarins við bindinguna sbr. myndir úr úrvinnslu falllóðsmælinga, en kannski ekki eins mikið og vonast var eftir.

2.2 Óbundinn endurbæting Skálholtsvegur

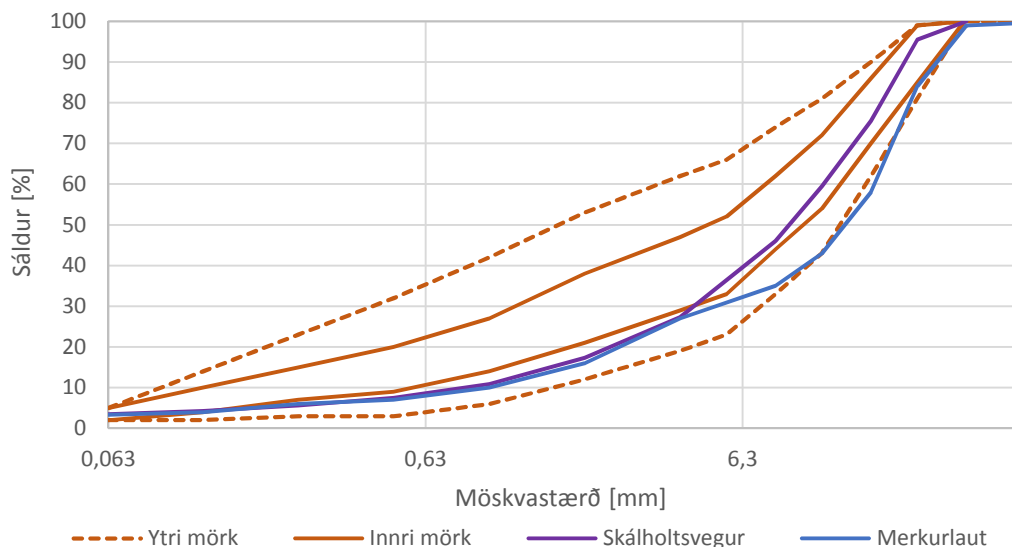
Sumarið 2015 var keyrt í og jafnaðir rúmlega 2,5 km við Skálholt. Vegurinn var þurrfræstur, keyrt í hann og ný klæðning lögð. Vegkaflinn var ekki styrktur en lagaður og efni bætt í veginn, þess vegna er forvitnilegt að bera saman falllóðsmælingar fyrir og eftir lagfæringu. Auk falllóðsmælinga var tekið sýni úr veginum við afleggjarann að lðu og því unnt að gera kornakúrfa, mæla brothlutfall og kleyfnistuðul. Efnið sem keyrt var í veginn var fengið úr námu við Merkurlaut, og fylgja með efnisprófanir sem áður höfðu verið gerðar úr námuni.

Á Mynd 4 má sjá kornakúrfa fyrir 0/22 burðarlagsefni úr leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar og á Mynd 5 er búið að setja kornakúrfurnar úr Skálholtsveginum og námuni við Merkurlaut inná

viðmiðunarkúrfuna. Eins og sjá má falla kúrfurnar innan ytri marklínanna utan örlítis fráviks í efninu úr Merkurlautinni.



Mynd 4: Markalínur fyrir malað 22 mm berg í burðarlag skv. leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar.



Mynd 5: Viðmiðunarkornakúrfa Vegagerðarinnar ásamt kornakúrfum Skálholtsvegur og Merkurlautar.

Kleyfnistuðull efnisins úr Skálholtsvegi var 9,9% og úr Merkurlaut 3%, en hámarks-kleyfnistuðullinn er 20% á vegum með árdagsumferð þungra ökutækja meiri en 400 samkvæmt leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar. Efnis standast því vel kröfur um kleyfnistuðul.

Brothlutfall efnisins var einnig mælt (Tafla 4) og fékkst C_{75/4}, fyrir efnið í veginum en C_{100/0} fyrir efnið úr námunni. Samkvæmt leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar á hlutfall efnisins sem er brotið að vera hærra en 90% fyrir malað harpað grjót og minna en 3% alnúið. Þetta gildir fyrir árdagsumferð þungra bíla hærri en 400 og 100. Staðbundið þurrfræst efni úr Skálholtsvegi er rétt undir mörkum þess efnis sem skal vera brotið og alnúið en efnið úr Merkurlaut stenst kröfur.

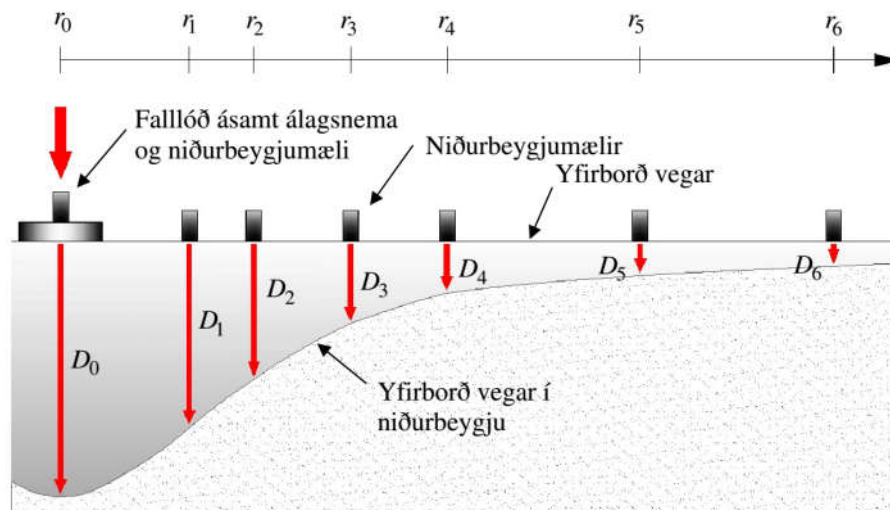
Los Angeles próf var gert fyrir námuefnið sem gaf LA-gildi uppá 27%. sem er yfir mörkum leiðbeinarrits Vegagerðarinnar, þar sem efni skal vera minna en 25% fyrir 3.flokks efni sem er ferskt, fínblöðrótt basalt samkvæmt berggreiningu. LA-gildi var ekki reiknað fyrir staðbundið efni úr Skálholtsveginum.

Tafla 4: Brothlutfall efnisins úr Skálholtsvegi og Merkurlaut

	Kornastærðarbil [mm]	Hlutfall heildarsýnis [%]	C _c – Hluti brotins efnis [%]	C _{tr} – Hluti alrúnnaðs efnis [%]
Skálholtsvegur	4-8	18,7	82	1
	8-16	29,5	80	2
	16-32	24,5	63	8
	Brotstig, vegið meðaltal	-	75	4
Merkurlaut	Brotstig, vegið meðaltal	-	100	0

2.3 Falllóðsmælingar

Falllóðsmælingar (Mynd 6) eru oft gerðar á vegbyggingum til þess að meta burðarþolsgildi vegbygginga. Margar mismunandi leiðir eru til þegar kemur að úrvinnslu gagna sem fást og er velþekkt að bakreikna stífni mismunandi laga vegbygginga með aðstoð ítrunarforrita en til þess að það beri árangur þarf að liggja fyrir lagþykktir vegarins. Hægt er að meta lagþykktir út frá falllóðsmælingum en það krefst frekari ítranna. Í þessum hluta verkefnisins var farin sú leið að nota niðurbeygjumælingarnar beint til að meta ástand vegbygginganna fyrir og eftir styrkingar en í framhaldinu er hugmyndin að bakreikna vegbyggingarnar með meiri nákvæmni.



Mynd 6: Einfölduð uppsetning falllóðs og nema, D_0 er niðurbeygjan undir álagsmiðjunni og D_i er mæld niðurbeygja í fjarlægð r_i frá miðju álagsins (Helga Þórunn Gunnlaugsdóttir, 2008).

Margar mismunandi stærðir er hægt að reikna út úr niðurbeygjumælingum nema í mismunandi fjarlægð frá falllóðinu:

$$E_{surf} = \left(2 \cdot P / \pi \cdot d_0 \cdot a \right) \cdot (1 - \nu^2) \quad \text{Yfirborðsstífni}$$

$$E_{FWD} = 284,9 \cdot \left(P / d_{90} \right)^{0,894} \quad \text{Stífni stuðull vegbyggingar notaður í Flórída (reynslujafna)}$$

$$E_U = \frac{52000}{d_{90}^{1,5}}$$

Stífnistuðull vegbyggingar notaður í Svíþjóð (reynslujafna)

$$B = 11 \cdot \left(E_{dim}/200 \right)^{0,6} \cdot \left(50/\dot{A}DT_T \right)^{0,072}$$

Burðarstuðull notaður í Noregi
 $\dot{A}DT_T$ er árdagsumferð þungaumferðar

$$E_{dim} = \frac{110 \cdot p}{\sqrt{d_0 \cdot (d_0 - d_{20})}}$$

Gefur til kynna hvar helsti veikleiki vegbyggingarinnar er, því hærra gildi því neðar er veikleikinn

$$K = \frac{d_0}{d_0 - d_{20}}$$

Krappi yfirborðsins, gefur til kynna stífni efstu laga vegbyggingar

$$SCI = d_0 - d_{30}$$

$$BCI = d_{60} - d_{90}$$

Krappi burðarlags, gefur til kynna stífni neðstu laga vegbyggingar eða efsta lag undirlags

$$BDI = d_{30} - d_{60}$$

Skemmdarstuðull burðarlags, gefur til kynna stífni miðbiks vegbyggingar

$$AUPP = 0,5 \cdot (5d_0 + 2d_{30} + 2d_{60} + d_{90})$$

Flatarmál sigdældar eða niðurbeygjunnar sem vegbyggingin verður fyrir

E_{FWD} og E_U eru áætlaðir stífnistuðlar út frá reynslujöfnum frá Bandaríkjunum og Svíþjóð og eru ekki sannreynindir miðað við íslenskar aðstæður. Breytingin er ekki mikil á milli stuðlanna þar sem að þeir byggja á niðurbeygju mælda 90 cm frá álagsmiðju, og gefa því til kynna niðurbeygju sem verður nokkuð djúpt í vegbyggingunni. Vegna þessa verða þessir stuðlar ekki notaðir í þessu verkefni.

B-stuðulinn eða burðarstuðulinn er Norsk reynslujafna notaður til að meta burðargetu vega. Árdagsumferð þungaumferðar kemur inni þann stuðulinn en stuðulinn lækkar þegar þungaumferð eykst. Því er spurning hversu mikið eigi að horfa í þennan stuðul þar sem erfitt er að uppfæra reynslujöfnur yfir á nýja staðhætti, með öðruvísi umferð og umhverfisskilyrði á Íslandi samanborið við Noreg.

Í Noregi, þar sem K stuðulinn er notaður, er talað um að þar sem K er stærra en 5 liggur helsti veikleikinn í styrktar- eða undirlaginu. Ef K er hins vegar á milli 3 og 5 liggur veikleikinn í burðar eða styrktarlagi og að lokum þar sem K er minna en 3 er líklegt að helsti veikleiki vegbyggingarinnar sé í burðar eða slitlaginu.

2.4 Sementsfestir vegir (sementsbundið burðarlag)

Þó nokkrir vegir á Íslandi hafa verið endurbættir með sementsfestu burðarlagi undanfarin ár. Í mörgum tilfellum eru til falllóðsmælingar fyrir og eftir styrkingu og því hægt að meta áhrif styrkingarinnar. Þegar þær allnokkru myndir sem fylgja þessum kafla eru skoðaðar kemur berlega í ljós að efri hluti vegbyggingarinnar styrkist umtalsvert við þá aðgerð að sementsfesta þ.e.a.s. minni niðurbeygjur mælast eftir að búið er að sementsstyrkja. Það sem meira er að þessi aukna stífni virðist haldast vel með tímanum. Stífnin eða stærð mældrar niðurbeygju helst óbreytt í neðri helmingi vegbyggingarinnar.

Vegkaflarnir sem voru skoðaðir vegna sementsstyrkts burðarlags voru:

Vegur 1-k6 stöðvar 950-4066

25.09.2010

- Sementsfestun → þykkt 15 cm
- Klæðing 11-16
- Klæðing 11-16 (28.05.2011)

Vegur 1-k7 stöðvar 210-2542

25.09.2010

- Sementsfestun → þykkt 15 cm
- Klæðing 11-16
- Klæðing 11-16 (28.05.2011)

Vegur 1-k8 stöðvar 10.365-11.389

27.08.2011

- Sementsfestun → þykkt 15 cm
- Tvöföld klæðing 11-16

Vegur 1-m2 stöðvar 7860-13.240

31.08.1996

- Sementsfestun → þykkt 10 cm
- Tvöföld klæðing

Vegur 1-h0 stöðvar 0-2.940

01.08.2015

- Sementsfestun → þykkt 15-20 cm
- Tvöföld klæðing

Niðurstöður myndanna hér að neðan eru teknar lítillega saman í Tafla 5, þar sést að:

- Yfirborðsstífnin er að aukast um 33-46% við styrkinguna, og er minnst í nýjasta kaflanum inni Borgarfirði.
- B-stuðulinn eykst um 43-63%.
- K stuðulinn eykst um 55-76%, en því hærra sem K-gildið er því neðar liggur veikleiki vegbyggingarinnar. K stuðulinn sem fæst eftir styrkingu gefur til kynna að veikleikinn liggir í vegbotninum eða neðst í vegbyggingunni.
- SCI sem gefur til kynna stífni efstu 30 cm vegbyggingarinnar minskar um 115-242% sem gefur til kynna að niðurbeygjur í efsta hluta vegbyggingarinnar eru umtalsvert minni heldur en fyrir styrkingu.
- BCI sem gefur til kynna stífni neðstu laga vegbyggingar breytist ekki mikið en lækkar þó aðeins í tveimur tilvikum á meðan magn niðurbeygjunnar stendur í stað í þriðja tilfallinu. Ekki var unnt að reikna BCI stuðul fyrir kafla 1-m2 þar sem mælingar vantaði í réttri fjarlægð frá álagsmiðjunni.
- BDI sem er skemmdarstuðull burðarlags, eða mæld niðurbeygja á 30-60 cm dýpi frá yfirborði minnkar um 42-97% og má það vætanlega rekja til þess að sementsstyrkingin dreifir álaginu betur eða jafnar heldur en óbundið efni.
- AUPP eða flatarmál sigdældarinnar minnkar um 28-55% eftir styrkinguna sem gefur til kynna stífari vegbyggingu þar sem minni niðurbeygjur eru mældar.

Það sem er athyglisvert hérna er að þrátt fyrir að sementsstyrkti vegkaflinn inni Borgarfirði sé að sýna aukinn styrk er styrktaraukningin samt minnst í þeim kafla miðað við aðra kafla sem skoðaðir hafa verið. Fyrir þessu geta verið tvær ástæður, annars vegar að vegurinn sé ekki búin að ná tilskyldum styrk það er að enn sé óhvarfað sement í burðarlaginu og hins vegar að burðarlagsefnið hafi ekki náð tilskilinni bindingu vegna þess hversu fínefnasnautt efnið var.

Tafla 5: Niðurstöður nýjustu mælinga og síðustu mælinga fyrir styrkingu, ásamt reiknuðum prósentumun mælinganna

	1-k6 styrkt 2010			1-k7 styrkt 2010			1-k8 styrkt 2011		
	2006	2015	[%]	2006	2013	[%]	2004	2015	[%]
E _{surf} [MPa]	370	583	37	312	528	41	458	845	46
B [tonn]	16,4	35,3	54	14,4	32,9	56	18,2	48,6	63
K	4,8	15,1	68	4,3	12,7	66	3,4	14,2	76
SCI	194	60	-223	248	110	-125	192	57	-237
BCI	55	56	2	71	63	-13	47	40	-18
BDI	122	72	-69	163	115	-42	116	59	-97
AUPP	2054	1509	-36	2245	1705	-32	1544	995	-55
	1-m2 styrkt 1996			1-h0 styrkt 2015					
	1996	2015	[%]	2015	2015	[%]			
E _{surf} [MPa]	304	544	44	399	592	33			
B [tonn]	12,8	27,8	54	17,4	30,3	43			
K	3,3	13,2	75	4,3	9,6	55			
SCI	301	88	-242	189	88	-115			
BCI				54	52	4			
BDI				120	82	-46			
AUPP				1766	1379	-28			

2.5 Bikbundnir vegir (bikfest burðarlag)

Nokkuð af vegum á Íslandi voru endurbættir með bikfestu burðarlagi á árunum fyrir 2009 en lítið hefur verið bikbundið síðastliðin 6 ár. Í mörgum tilfellum eru til falllódsmælingar fyrir og eftir styrkingu og því hægt að meta áhrif styrkingarinnar á burð veganna sem verið var að endurbæta. Í þeim tilvikum sem hér eru skoðuð þá er fest með froðubiki 12-15 cm. Í öllum tilvikum styrkist efsti hluti vegbyggingarinnar, þar sem bæði yfirborðsstífnin og niðurbeygjan í efstu 30 cm minnkar verulega. Burður vegbygginganna virðist halda sér vel í þau 10 ár sem mælingarnar ná yfir. Styrking burðarlagsins hefur lítil áhrif á neðri hluta vegbyggingarinnar.

Vegur 1-k7 stöðvar 2543-5600

29.07.2006

- Fræsun froðubik → þykkt 10 cm
- Klæðing K1F 11-16
- Klæðing K1F 11-16 (26.05.2007)

Vegur 1-k7 stöðvar 5600-11.190

28.07.2007

- Fræsun froðubik → þykkt 15 cm
- Klæðing K1F 11-16

- Klæðing K1F 11-16 (28.06.2008)

Vegur 1-k8 stöðvar 205-4687

28.07.2007

- Fræsun froðubik → þykkt 15 cm
- Klæðing K1F 11-16
- Klæðing K1F 11-16 (28.06.2008)

Vegur 1-m2 stöðvar 830-1220

30.09.2000

- Fræsun froðubik → þykkt 12 cm
- Tvöföld klæðing

Vegur 1-m2 stöðvar 2731-5898

29.07.2006

- Fræsun froðubik → þykkt 15 cm
- Tvöföld klæðing

Vegur 1-m2 stöðvar 1139-2730

27.06.2009

- Fræsun froðubik → þykkt 15 cm
- Tvöföld klæðing

Niðurstöður myndanna hér að neðan eru teknar lítillega saman í Töflu 6, þar sést að:

- Yfirborðsstífnin er að aukast um 5-27% við styrkinguna.
- B-stuðullinn eykst um 7-27%.
- K stuðullinn eykst lítillega en stendur nánast í stað fyrir allar vegbyggingarnar. Stuðullinn virðist oftast vera milli 3 og 5 sem gefur til kynna að helsti veikleiki byggingarinnar liggir í burðar- eða styrktarlaginu. Því hærri sem stuðullinn er því neðar liggur veikleikinn og er því líklegt að helsti veikleikinn liggir í styrktarlaginu og þess vegna breytist stuðullinn lítið. Styrkingin í burðarlaginu virðist ekki vera nægjanleg til að vinna upp fyrir lélegt styrktarlag það er að segja spennurnar sem styrktarlagið verður fyrir eru enn of miklar.
- SCI sem gefur til kynna stífnir efstu 30 cm vegbyggingarinnar minnar um 13-72% sem gefur til kynna að niðurbeygjur í efsta hluta vegbyggingarinnar eru minni heldur en fyrir styrkingu.
- BCI sem gefur til kynna stífnir neðstu laga vegbyggingar stendur nánast í stað en er þó lækkandi í tveimur tilvikum. Í mörgum tilfellum var ekki unnt að reikna stuðullinn þar sem mælingar vantaði í réttari fjarlægð frá álagsmiðjunni.
- BDI sem er skemmdarstuðull burðarlags, eða mæld niðurbeygja á 30-60cm dýpi frá yfirborði breytist lítið sem ekkert sem gefur til kynna að bikbindingin nái ekki að dreifa álaginu betur niður á styrktarlagið en þess ber að geta að ekki var alltaf unnt að reikna stuðullinn vegna skorts á mælipunktum.
- AUPP eða flatarmál sigdældarinnar er mjög breytileg en minnkar eitthvað í flestum tilfellum þar sem unnt var að mæla hana fyrir og eftir styrkingu.

Tafla 6: Niðurstöður nýjustu mælinga og síðustu mælinga fyrir endurlögn, ásamt reiknuðum prósentumun mælinganna

	1-k7 styrkt 2006			1-k7 styrkt 2007			1-k8 styrkt 2008		
	2004	2011	[%]	2006	2011	[%]	2004	2015	[%]
E _{surf} [MPa]	266	281	5	296	313	5	307	389	21
B [tonn]	15,8	17,0	7	18,2	19,8	8	16,9	21,6	22
K	4,3	4,5	4	4,9	5,8	16	4,2	4,9	14
SCI	228	196	-16	182	161	-13	196	128	-53
BCI	67			58			55	49	-12
BDI	128	129	1	117	108	-8	100	87	-15
AUPP	2155			1952			1891	1536	-23
	1-m2 styrkt 2000			1-m2 styrkt 2006			1-m2 styrkt 2009		
	1999	2015	[%]	1999	2015	[%]	2008	2015	[%]
E _{surf} [MPa]	347	408	15	199	274	27	341	358	5
B [tonn]	17,0	20,6	17	11,1	15,3	27	17,6	18,1	3
K	2,8	3,3	15	3,8	4,4	14	3,2	3,2	0
SCI	245	170	-44	343	199	-72	209	199	-5
BCI		41			63		47	48	2
BDI		91			134		113	114	1
AUPP		1291			1961		1498	1455	-3

2.6 Vegir sem er keyrt í án frekari styrkingar eða endurbyggðir að hluta

Til að bera saman kosti styrkinga þá voru teknir nokkrir kaflar þar sem einungis var þurrfræst, þverhalli jafnaður og ný klæðing lögð eða vegirnir endurbyggðir að hluta með styrktarlagi frá 10-45 cm, 15 cm burðarlagi og klæðingu. Þetta er algeng aðgerð þegar laga þarf þverhalla, jafna yfirborð vega og breikka. Í mörgum tilfellum eru til falllóðsmælingar fyrir og eftir endurlögn og því hægt að meta hvort endurlögnin hafi einhver áhrif á styrk vegbyggingarinnar. Myndir fyrir mismunandi stuðla fyrir hvern vegkafla eru hér að neðan, en þær gefa til kynna að smá aukning verður í styrk þegar vegur er endurbyggður 60 cm niður fyrir yfirborðið en sama og engin breyting verður á styrk þegar vegur er endurbyggður 25-35 cm niður fyrir yfirborðið. Í Skálholtsvegi (31-01) var falllóðsmælingin eftir endurbætur framkvæmd einungis 2 mánuðum eftir að klæðing hafði verið sett á, því á einhver þjöppun hugsanlega eftir að eiga sér stað sem skýrir örllítið hærra niðurbeygjur eftir að vegurinn var lagaður. Fróðlegt væri að skoða fleiri kafla til að gera betur grein fyrir hversu mikið þarf að endurbyggja veginn til þess að styrkur hans aukist.

Vegkaflarnir þar sem hafði verið þurrfræst, keyrt í, jafnað og lögð á ný klæðing og skoðaðir voru sérstaklega eru:

Vegur 1-k8 stöðvar 4570-10380

25.06.2011

- Styrktarlag → malað 0-64 / 0-100, þykkt 10-20 cm
- Burðarlag → malað 0-25, þykkt 15 cm
- Klæðing K1F 11-16
- Klæðing K1F 8-11 (30.07.2011)

Vegur 1-m2 stöðvar 0-830

30.09.2000

- Styrktarlag → óunnið, þykkt 45 cm
- Burðarlag → malað 0-25, þykkt 15 cm
- Klæðing K2F 8-16

Vegur 31-01 stöðvar 6740-9310

01.08.2015

- Þurrfræsing → þykkt 20 cm
- Klæðing 11/16
- Klæðing 8/11

Niðurstöður myndanna hér að neðan eru teknar lítillega saman í Töflu 7, þar sést að:

- Yfirborðsstífnin er að aukast um 28% í vegi 1-m2 þar sem vegurinn var endurbyggður efstu 60 cm en þar sem endurbyggingin var einungis 25-35 cm í kafla 1-k8 jókst yfirborðsstífnin um 16%. Þar sem einungis var þurrfræst og jafnað sbr. Vegkafla 31-01 minnkaði yfirborðsstífnin en eins og fram hefur komið var mælingin gerð 2 mánuðum eftir yfirlögn.
- B-stuðulinn eykst um 33% á kafla 1-m2 en um 8% á kafla 1-k8 þar sem þykkt endurbyggingar var þynnri.
- K stuðulinn eykst um 12% í 1-m2 en um 5% í 1-k8, en stuðulinn er 3,7; 4,1 og 3,3 sem gefur til kynna að veikleiki vegbyggingarinnar sé í burðar- eða styrktarlagi.
- SCI sem gefur til kynna stífni efstu 30 cm vegbyggingarinnar. SCI minnkar um 70 og 14% fyrir 1-m2 og 1-k8. Niðurbeygjur í efsta hluta vegbyggingarinnar eru minni heldur en fyrir endurbyggingu og minnka meira eftir því sem endurbyggingin fer dýpra.
- BCI sem gefur til kynna stífni neðstu laga vegbyggingar breytist ekki mikið en lækkar þó örllítið fyrir 1-k8 eða um 4% en ekki var unnt að meta stuðulinn fyrir 1-m2 vegna staðsetningar mælinema frá álagsmiðju við falllóðsmælingar.

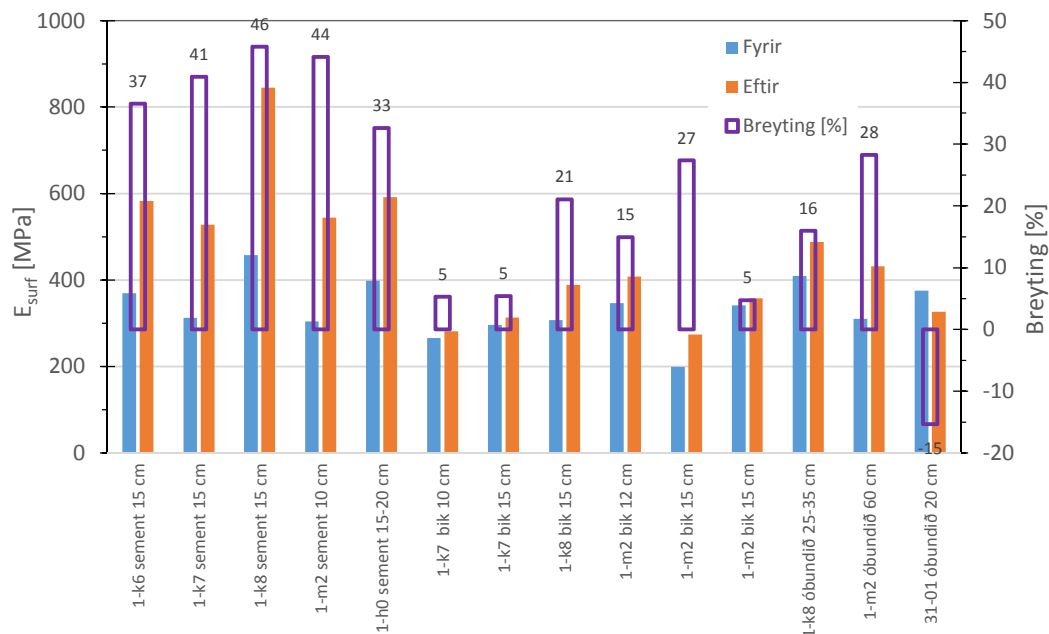
- BDI sem er skemmdarstuðull burðarlags, eða mæld niðurbeygja á 30-60cm dýpi frá yfirborði. BDI minnkar um 2% í 1-k8 sem verður að teljast óverulegt en ekki var unnt að meta stuðulinn fyrir 1-m2 vegna staðsetningar mælinema frá álagsmiðju við falllóðsmælingar.
- AUPP eða flatarmál sigdældarinnar minnkar um 9% í 1-k8 en ekki var unnt að meta stuðulinn fyrir 1-m2 vegna staðsetningar mælinema frá álagsmiðju við falllóðsmælingar.

Tafla 7: Niðurstöður nýjustu mælinga og síðustu mælinga fyrir endurlögn, ásamt reiknuðum prósentumun mælinganna

	1-k8			1-m2			31-01		
	2004	2015	[%]	2006	2013	[%]	2004	2015	[%]
E_{surf} [MPa]	410	688	16	310	432	28	376	326	-15
B [tonn]	16,5	18	8	12,5	18,6	33	14,5	12,8	-13
K	3,5	3,7	5	3,6	4,1	12	3,6	3,3	-9
SCI	215	189	-14	314	185	-70	225	268	16
BCI	48	46	-4				48	49	2
BDI	105	103	-2				103	115	10
AUPP	1678	1542	-9				1953	2071	6

3 SAMANTEKT

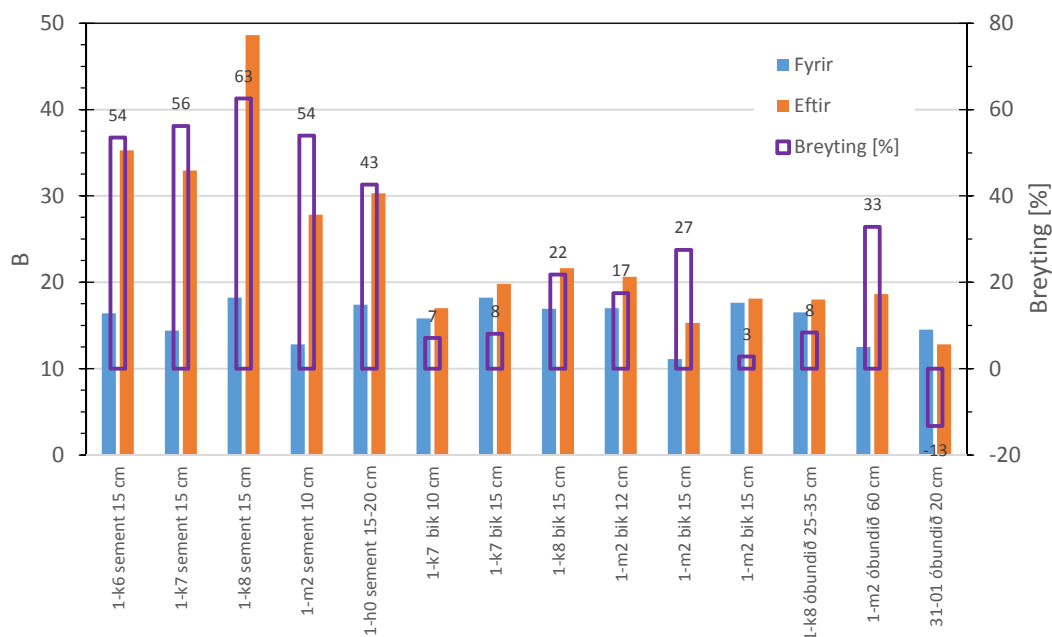
Þegar allar þessar mælingar eru teknar saman þá kemur greinilega í ljós styrkukning sementsfestuninnar. Hérna er verið að notast við síðustu mælingu fyrir styrkingu og svo nýjustu mælingar, en séu mælingar tiltekinna styrktaraðferðar skoðaðar þá virðist það ekki skipta höfuðmáli til að gera sér einhverja mynd af hegðun vegbygginganna. Á meðfylgjandi myndum ber að hafa í huga að Skálholtsvegur 31-01 var falllóðsmældur skömmu eftir uppbyggingu og því er eftirþjöppun ekki komin en vonast er til að falllóðsmæla veginn aftur að ári.



Mynd 7: Breyting á yfirborðsstífni vega með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

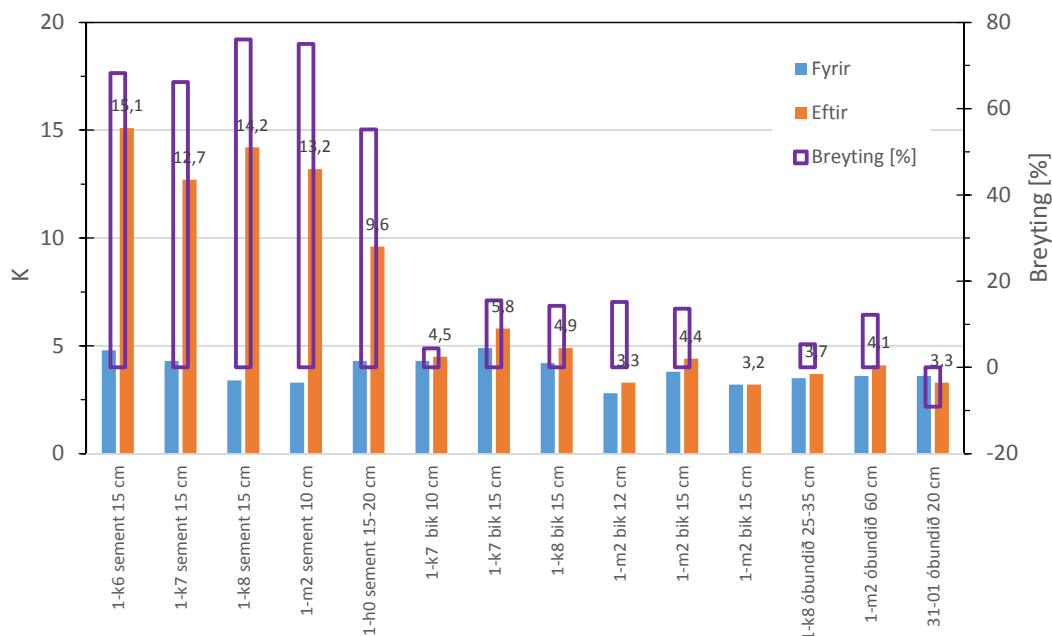
Þegar yfirborðsstífnin á Mynd 7 er skoðuð kemur greinilega í ljós meiri stífni sementsbundna burðarlagsins borið saman við bikbundna og óbundna burðarlagið. Fyrir styrkingu virðist yfirborðsstífnin vera í kringum 300 MPa en eftir styrkingu eykst hún og fer yfir 500 MPa þar sem

burðarlagið er sementsbundið og þar sem burðarlagið er bikbundið eykst yfirborðsstífnin en er samt undir 400 MPa. Yfirborðsstífni óbundnu kaflanna var heldur meiri í byrjun samanborið við kaflanna sem voru bikbundnir en yfirborðsstífnin er að aukast álíka mikið.



Mynd 8: Breyting á burðarstuðli (B) vega með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

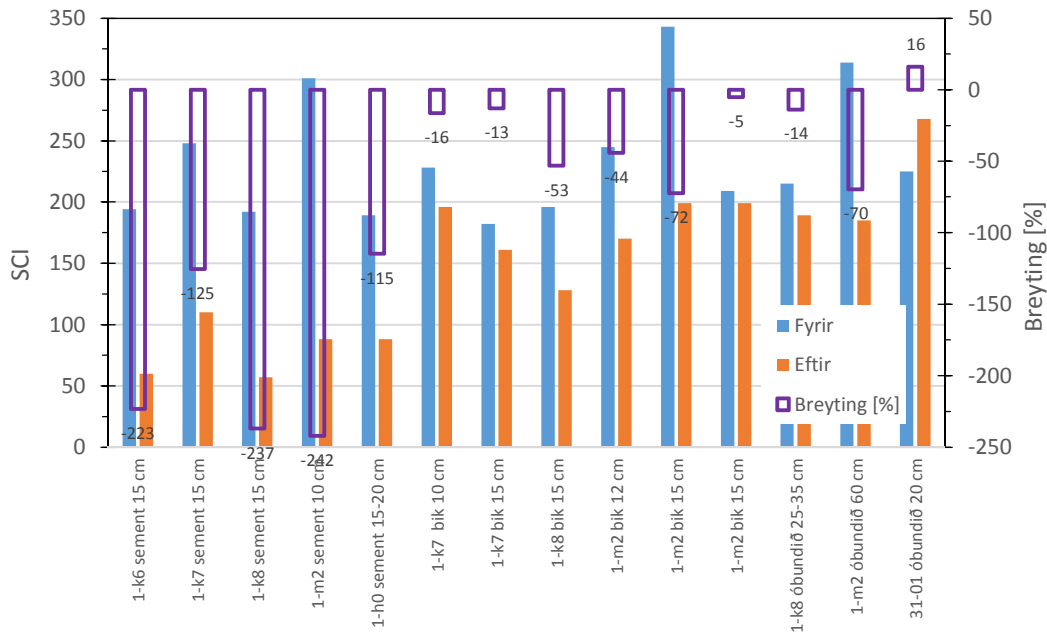
Eins og áður kemur fram skal taka burðarstuðulinn með fyrirvara en samt sem áður gefur hann einhverja mynd af þeim breytingum sem verða á burði vegbygginga. Á Mynd 8 sést greinilega hvernig burðarstuðulinn eykst meira við sementsfestun burðarlags samanborið við bikbindingu eða að notast við óbundið burðarlag.



Mynd 9: Breyting á K-stuðli vega með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

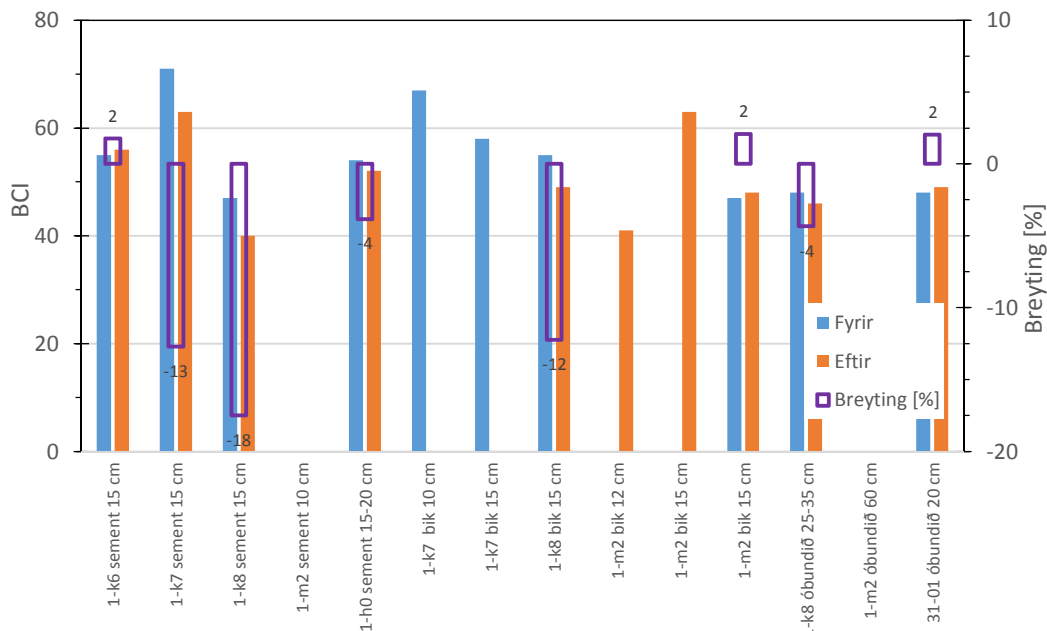
Þegar burðarlag vegar er styrkt með sementi þá eykst K stuðullinn (Mynd 9) gríðarlega, væntanlega vegna aukinnar álagsdreifingar þegar vegbyggingin er að einhverju leyti orðin stíf og þess vegna virðist sem veikleiki vegbyggingarinnar sé komin neðst í undirlagið. Enn og aftur fylgjast bikbundna og óbundna burðarlagið að en þar virðist K stuðulinn dansa í kringum 4,3 fyrir bikbundna burðarlagið og

í kringum 3,7 fyrir óbundna burðarlagið sem skv. norsku leiðbeiningunum gefur til kynna að helsti veikleikinn liggir í styrktarlaginu.



Mynd 10: Breyting á krappa yfirborðsins (SCI) vega með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

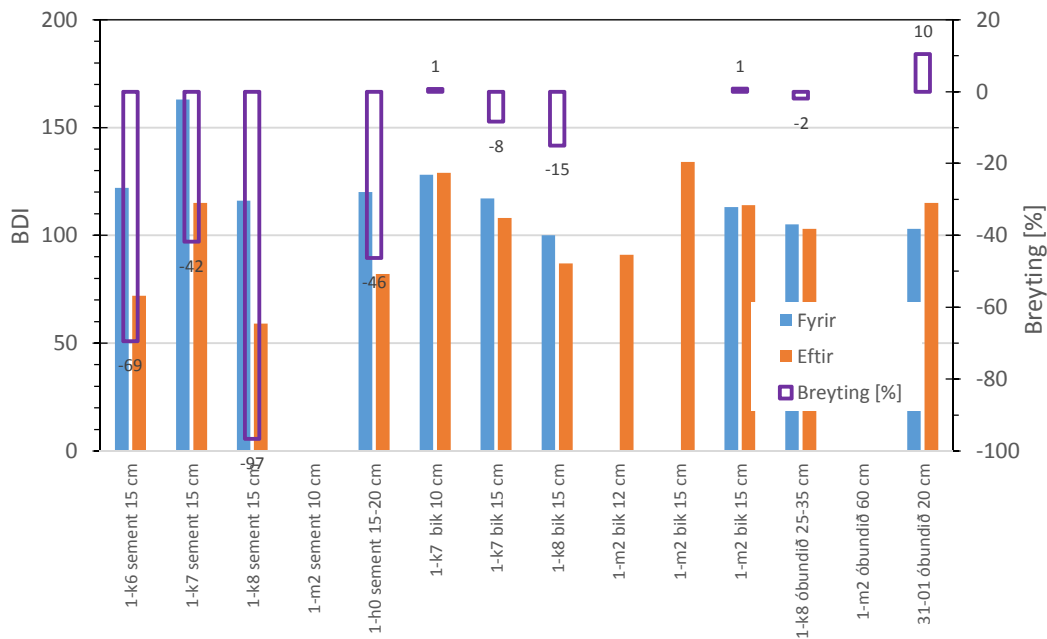
Á Mynd 10 er verið að bera saman mældar niðurbeygjur á efstu 30 cm vegbyggingarinnar. Töluverður breytileiki er í mælingunum en í öllum tilfellum minnkar niðurbeygjan eftir styrkingu en niðurbeygjan minnkar greinilega meira þar sem burðarlagið er sementsbundið. Þar sem er sementsbundið minnkar hún að lágmarki um helming en mesti munur þar sem burðarlag er bikbundið eða óbundið minnkar niðurbeygjan mest um 72% en í þeim tilvikum var niðurbeygjan mjög há fyrir endurbætur.



Mynd 11: Breyting á krappa burðarlagsins (BCI) vega með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

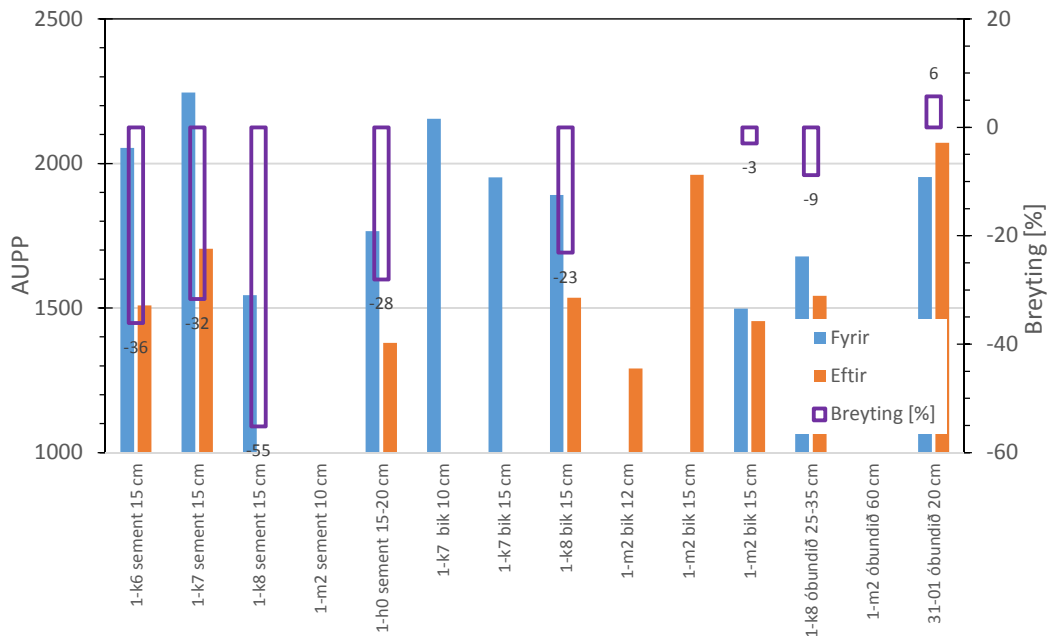
Krappi burðarlagsins (Mynd 11) breytist lítið enda er verið að skoða breytingu á niðurbeygju á 60-90 cm dýpi. En í þremur af fjórum tilvikum lækkar BCI fyrir sementsbundna burðarlagið og í einu af

tveimur tilvikum þar sem er bik og óbundið burðarlag. Í sumum tilvikum var ekki unnt að mæla BCI vegna ónógra mælipunkta við falllóðsmælingar.



Mynd 12: Breyting á skemmdarstuðli burðarlags (BDI) vegna með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

Skemmdarstuðull burðarlags sýnir breytingu á niðurbeygju á 30-60 cm dýpi. Á Mynd 12 sést breyting á stuðlinum og hvernig niðurbeygjan lækkar mun meira þar sem vegurinn er sementsbundin. Því virðist sem sementsbindingin dreifi álaginu betur vegna aukinnar stífni samanborið við bik og óbundin burðarlög.



Mynd 13: Breyting á flatarmáli sigdældar (AUPP) vegna með sementsbundið, bikbundið og óbundið burðarlag.

Mælt flatarmál undir sigdældinni (Mynd 13) minnkaði umtalsvert en erfitt er að meta breytinguna þar sem burðarlagið er bik og óbundið þar sem mælingarpunktur falllóðsins voru ekki nægilega reglulegir til þess að reikna flatarmálið en gera má ráð fyrir að flatarmálið minnki þegar litið er til mældu niðurbeygiupunktanna.

4 LOKAORÐ

Frumathuganir gefa til kynna að sementsbinding burðarlags skili töluvert auknum styrk miðað við að notast við óbundin og / eða bikbundin burðarlög. Þrátt fyrir að einhver aukning verði í styrk efstu laganna þegar notast er við óbundið eða bikbundin burðarlög í viðhaldi vega þá verður ekki sama álagsdreifing og vegur ekki eins stífur og þegar vegurinn er styrktur með sementi. Miðað við þessa athugun virðist skipta litlu máli hvort sementsstyrkingin sé 10 eða 15 cm þykk, en þess ber þó að geta að einungis einn kafli er styrktur 10 cm og getur þar munað um magn sements í burðarlaginu.

Vegurinn í Borgarfirði sýndi greinilega aukningu í styrk þrátt fyrir að kornakúrfa efnisins væri langt frá því að falla að þeirri kornakúrfu sem mælt er með fyrir burðarlagsefni sem skal sementsbinda. Kjarnar sem teknir voru úr veginum og kjarnar sem voru byggðir upp á NMÍ gáfu ekki nægan styrk miðað við það sem gefið var upp í útboðsgögnum en kjarnar teknir í felti stóðust kröfur gerðar í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar.

Skálholtsvegur sýndi minni styrk eftir endurbætur en falllóðsmælingin var gerð fljótlega eftir að verkinu lauk og því ekki ólíklegt að einhver eftirþjöppun verði. Stefnan er að falllóðsmæla veginn aftur næsta sumar og sjá hvernig styrkur hans hefur breyst.

Niðurstöður í verkefninu koma að mörgu leyti á óvart og því ánægjulegt að haldið verður áfram með verkefnið. Það kemur á óvart hversu lítil áhrif bikbinding burðarlagsins hefur á styrk vegarins, en styrkurinn virðist endast vel með tíma. Þetta þarfnast nánari athugunar, gott væri að skoða fleiri vegkafla, bera styrkinn saman við útboðsgögn og hugsanlegar kjarnamælingar gerðar eftir styrkinguna. Það virðist sem sementsfestunin sé að heppnast vel, styrkur vegarins eykst í öllum tilfellum og ending vegarins virðist vera góð.

Í framhaldi þessa verkefnis er hugmyndin að skoða sérstaklega fleiri vegkafla og meta hvernig styrkur þeirra er að þróast. Ef tími gefst til verður einnig farið í að bakreikna falllóðsmælingarnar til þess að geta greint betur hvar veikleikar vegganna liggja fyrir og eftir endurbætur.

HEIMILDIR

Burður vega á þáátíma, Helga Þórunn Gunnlaugsdóttir (2008), gefið úr af Háskóla Íslands.

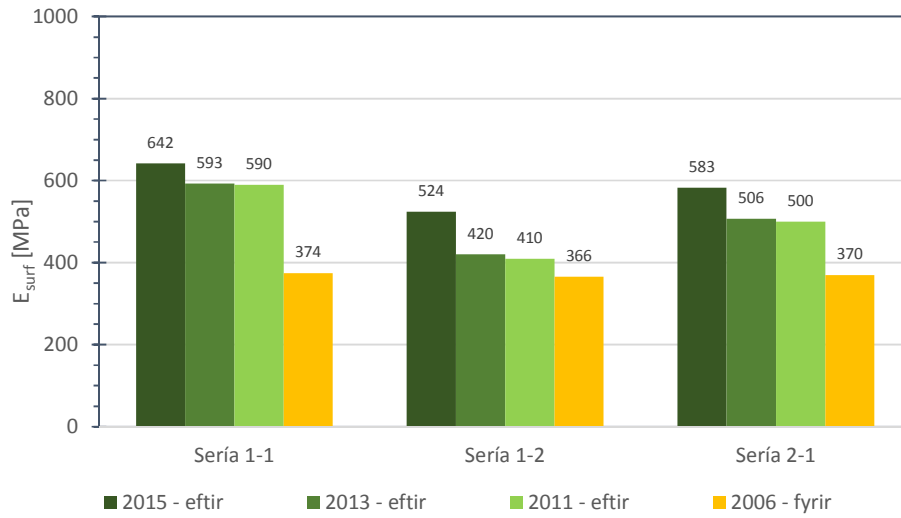
Efnisrannsóknir og efniskröfur, Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd, Burðarlag (2016), gefið út að Vegagerðinni.

Forsterkningar av veger, varige veger 2011-2014, Statens Vegvesens Rapporter nr. 373 (2015), gefið út af Statens Vegvesen í Noregi.

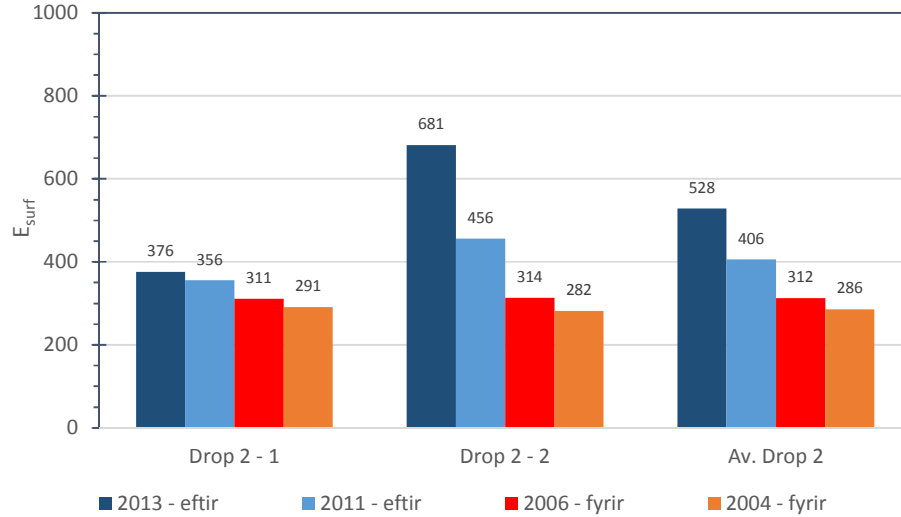
Viðhaldsaðferðir, BUSL – Slitlaganefnd, Valgeir Valgeirsson; Sigursteinn Hjartarson, Theodór Guðfinnsson; Ásbjörn Jóhannesson (2003), gefið út af Vegagerðinni.

VIÐAUKI 1
Sementsstyrktir vegir

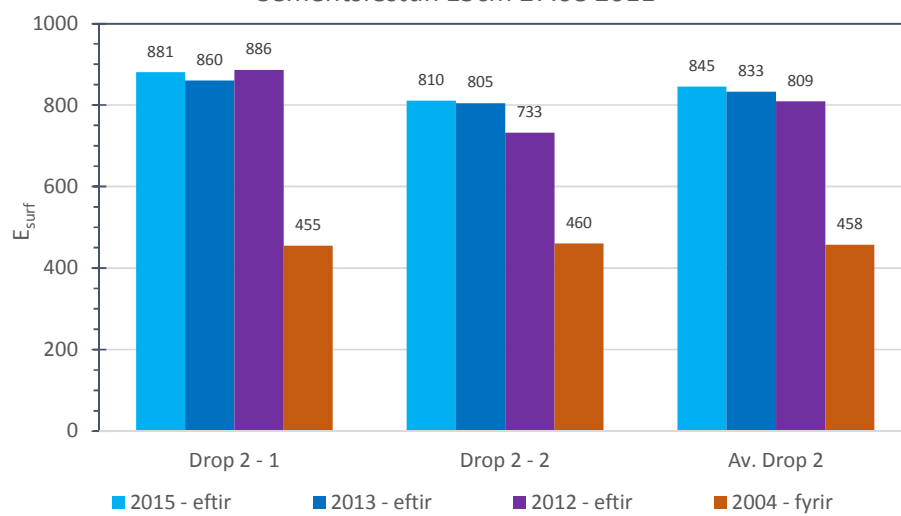
E_{surf} [MPa] 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



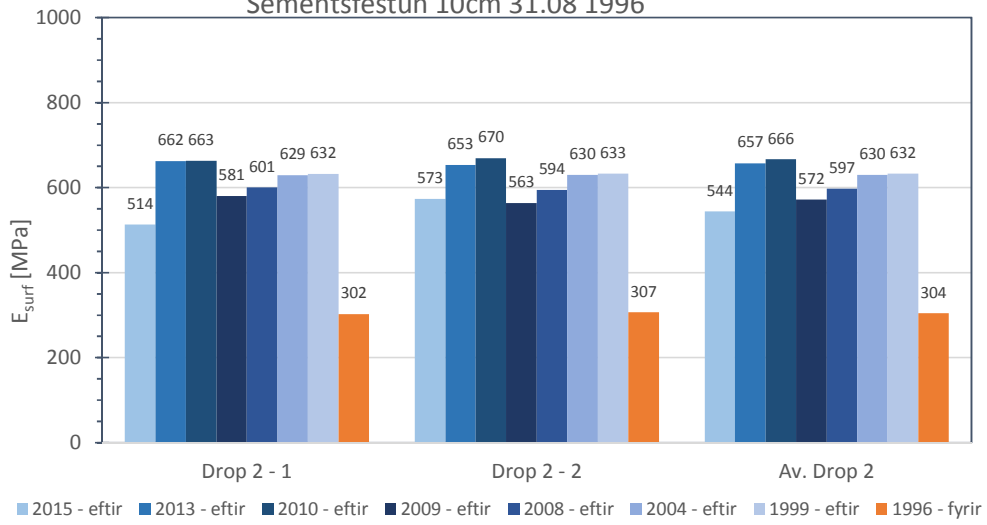
E_{surf} 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



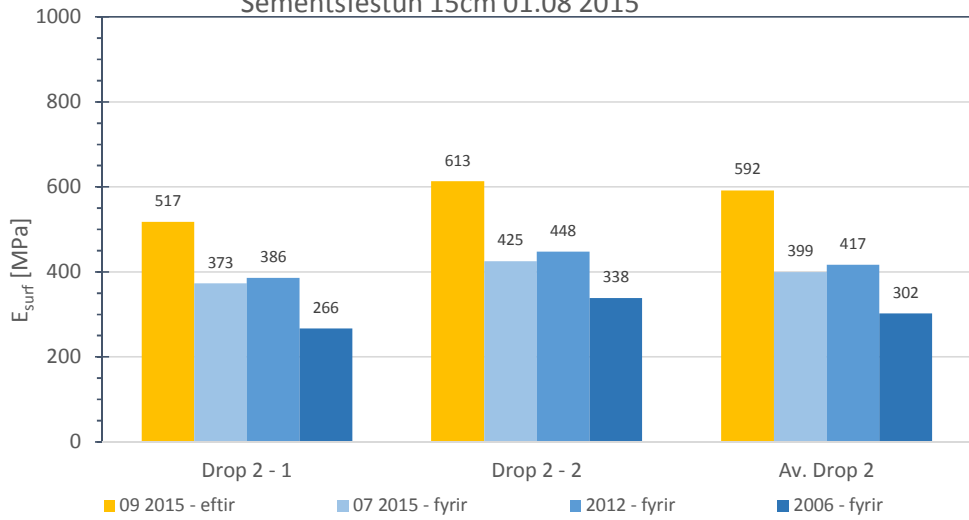
E_{surf} 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



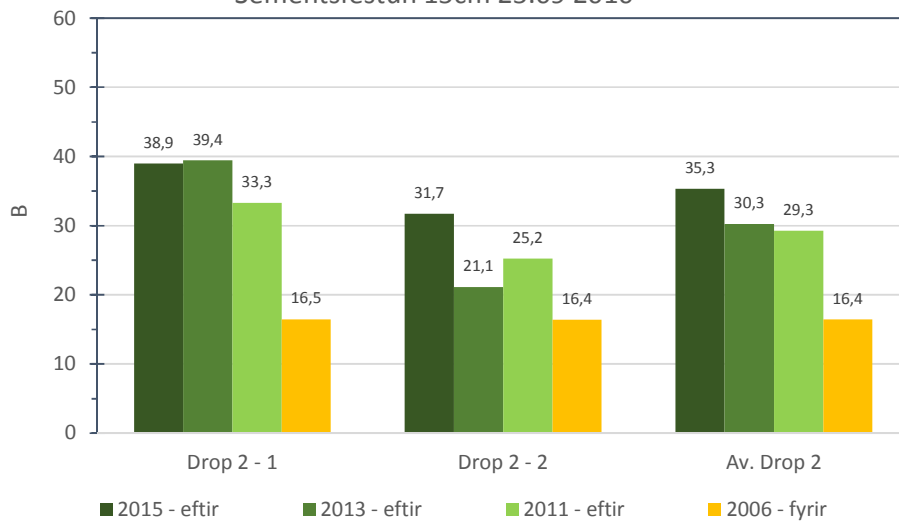
E_{surf} 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



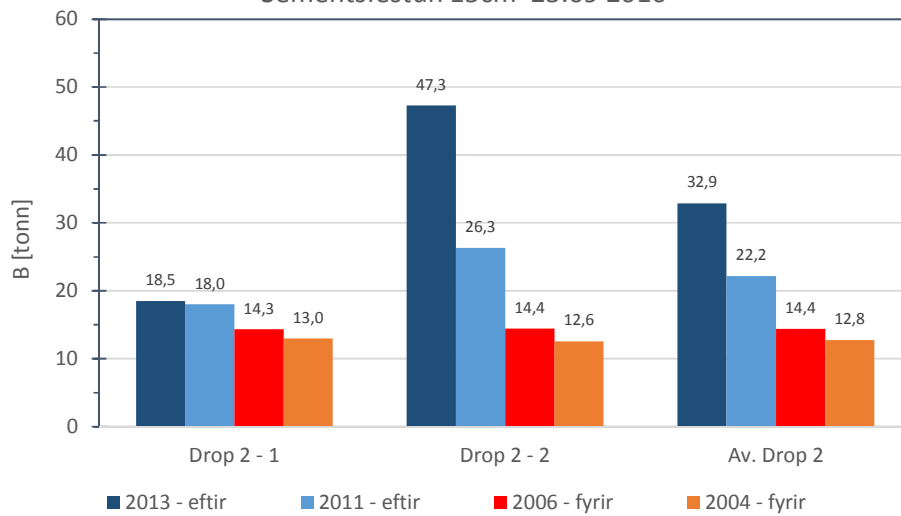
E_{surf} 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



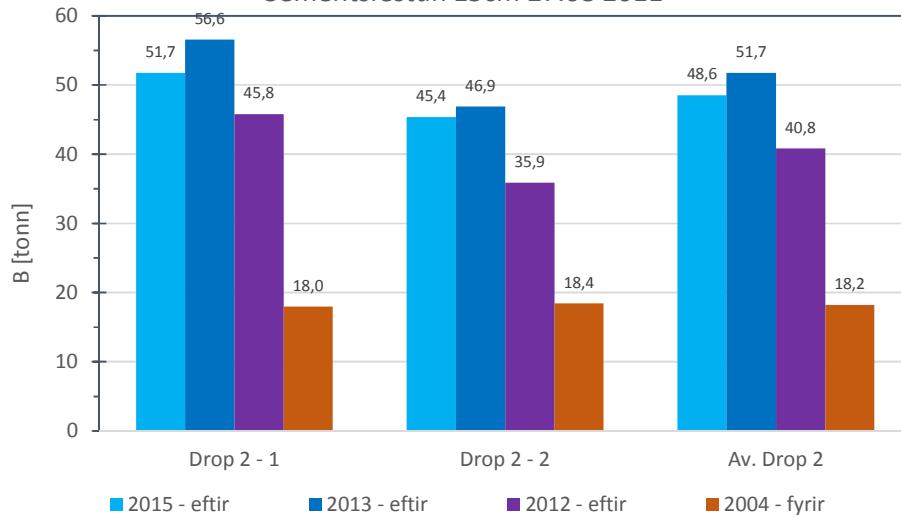
B [tonn] 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



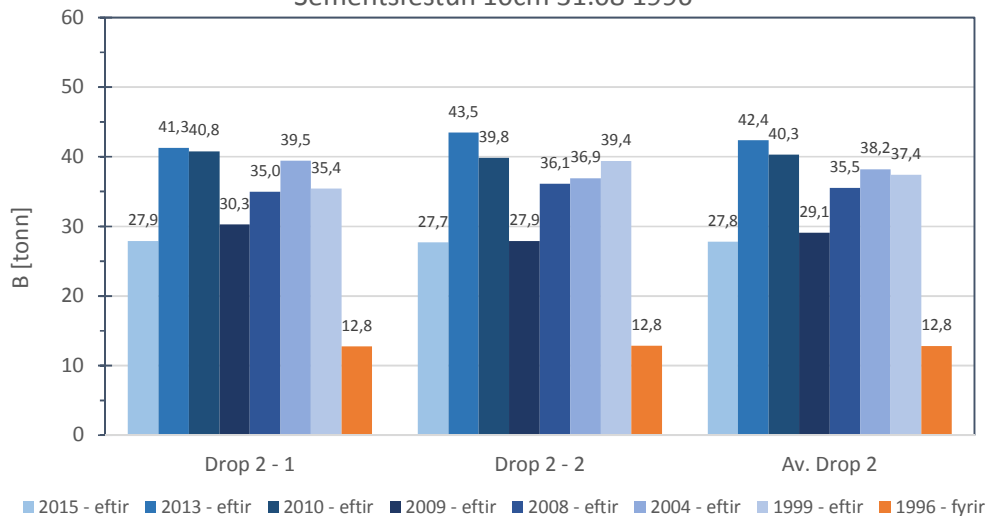
B [tonn] 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



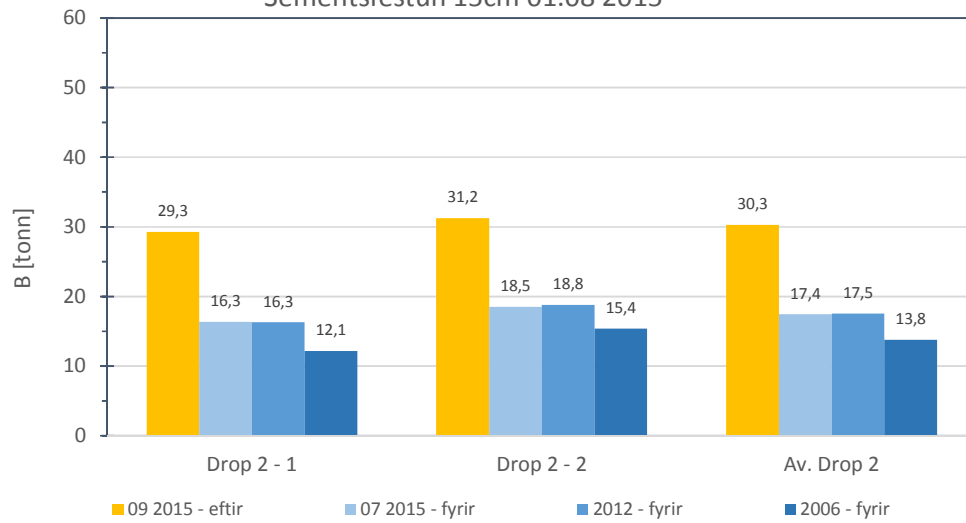
B [tonn] 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



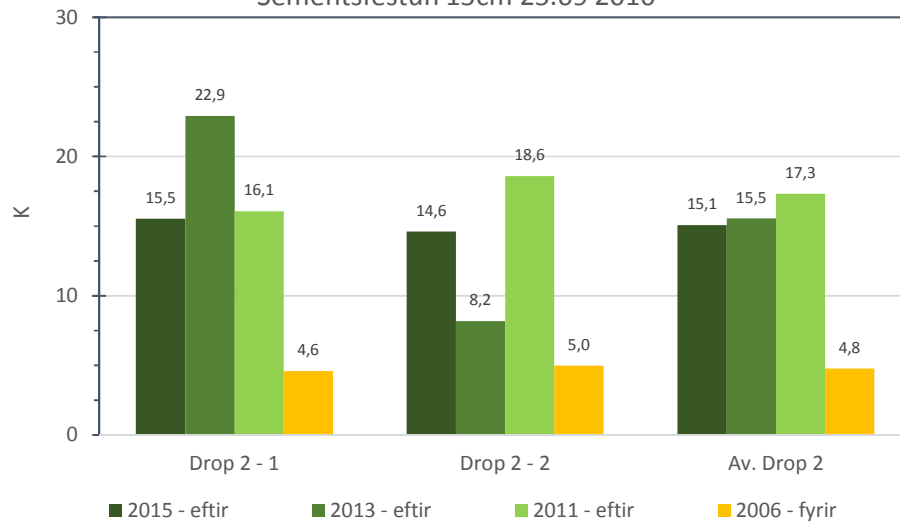
B [tonn] 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



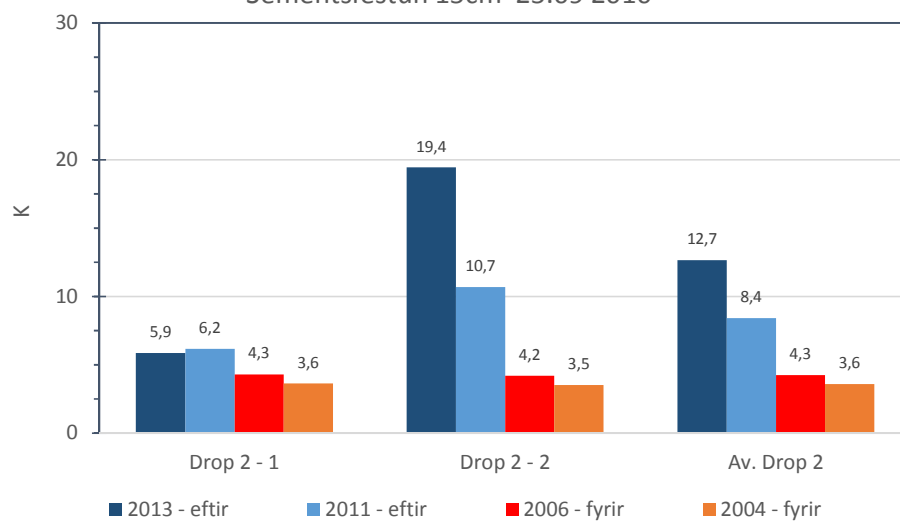
B [tonn] 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



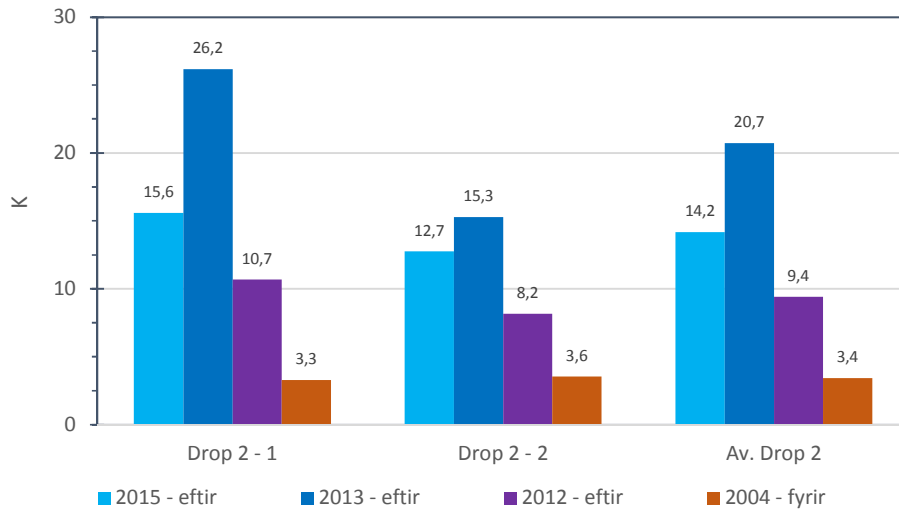
K 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



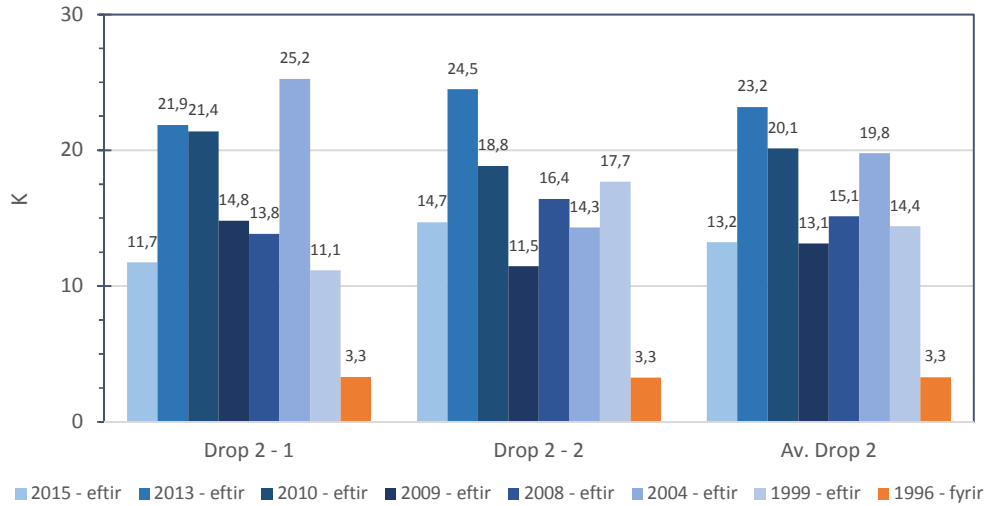
K 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



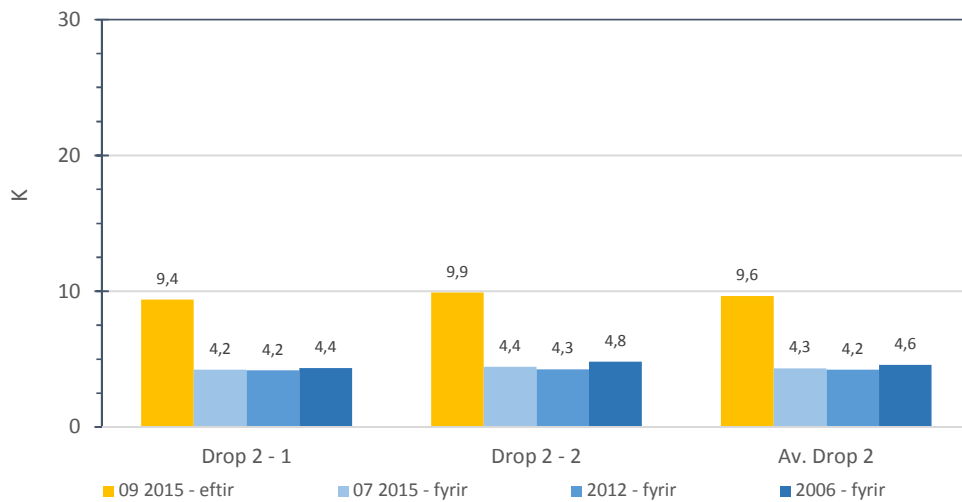
K 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



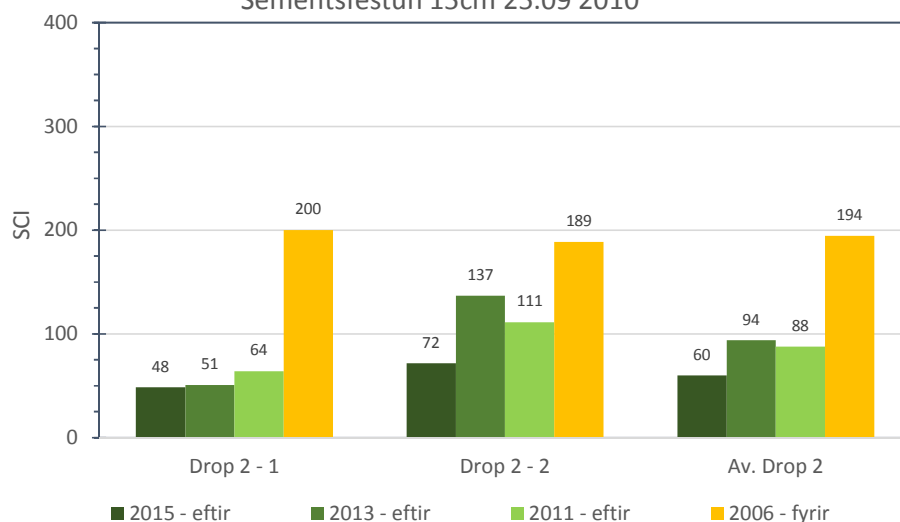
K 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



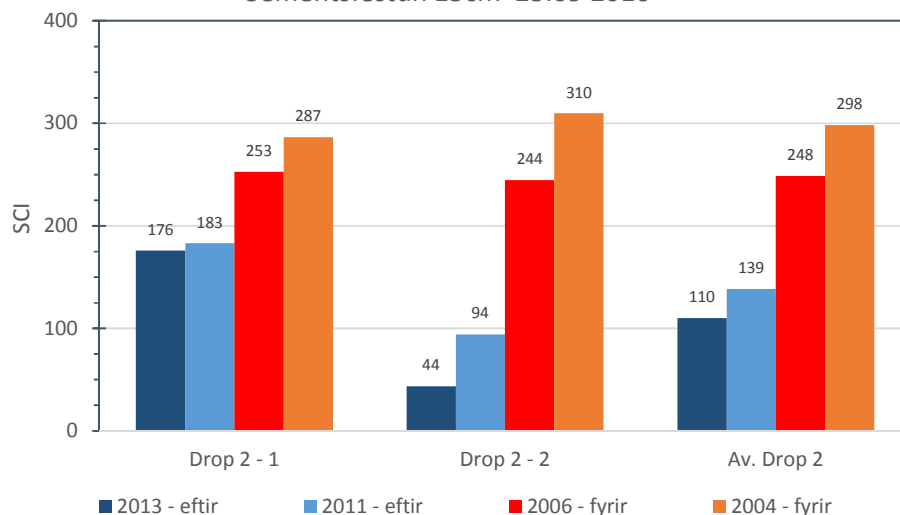
K 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



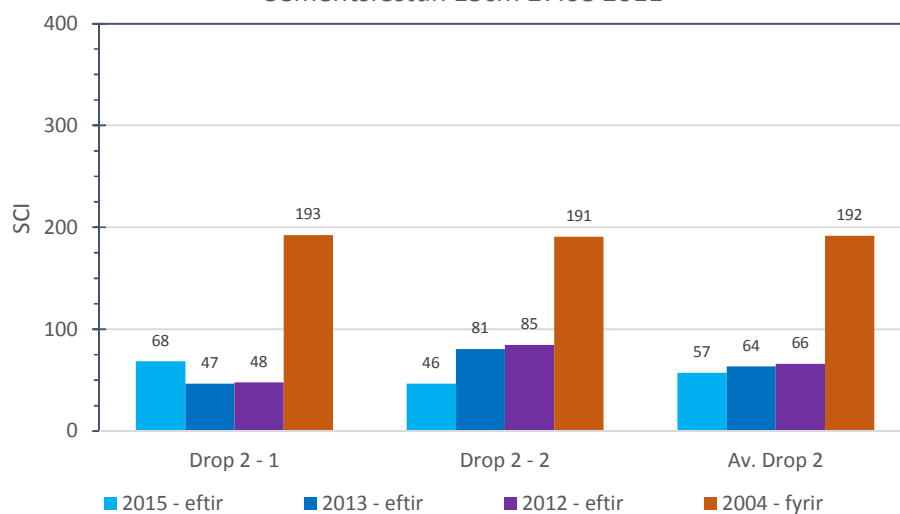
SCI 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



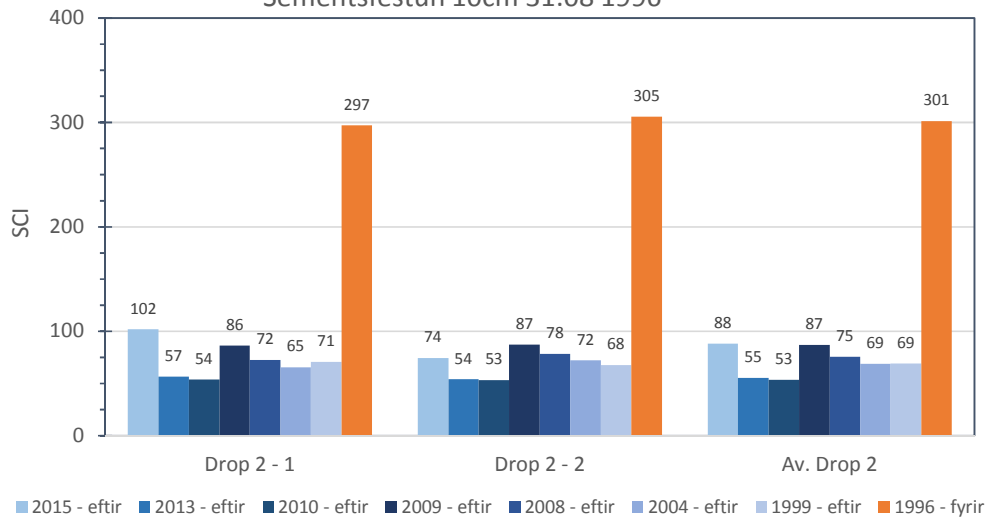
SCI 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



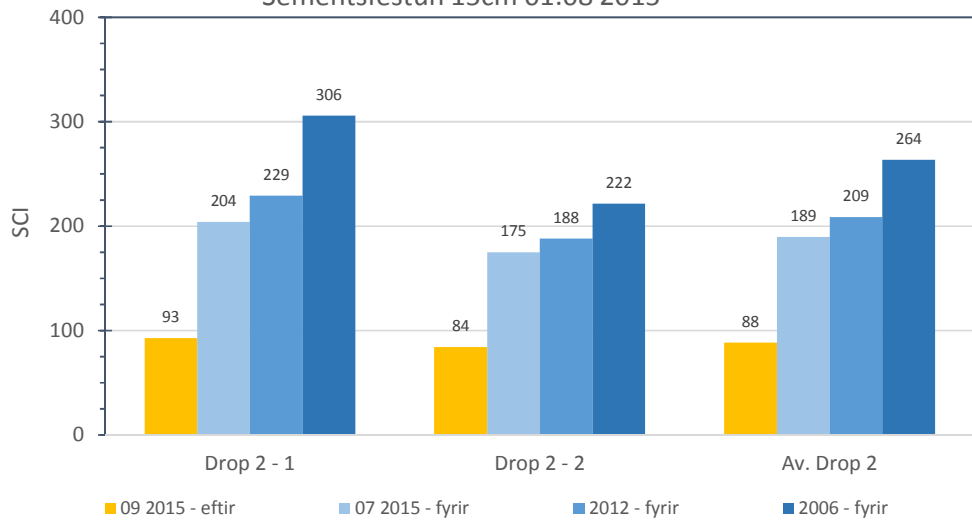
SCI 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



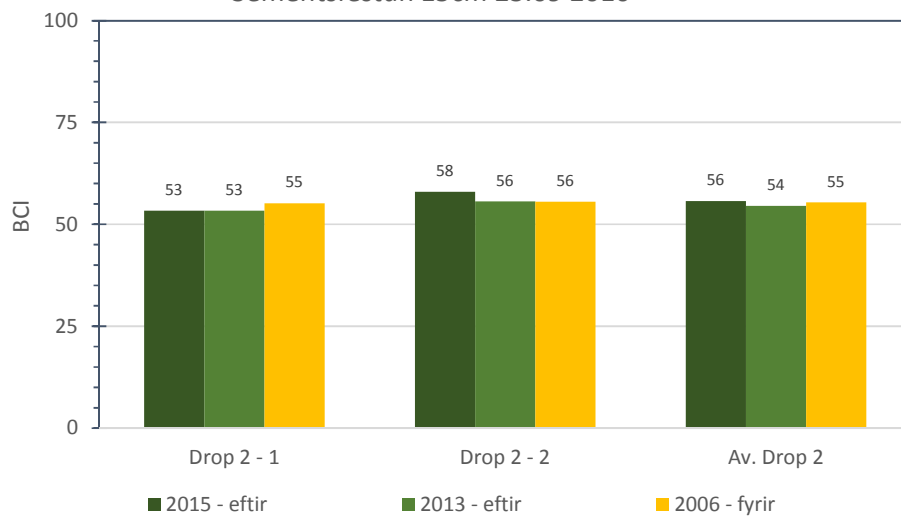
SCI 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



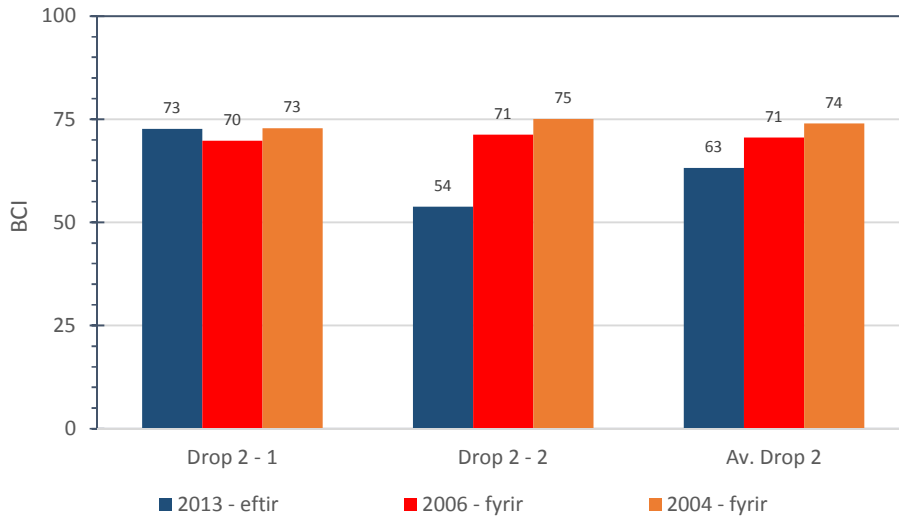
SCI 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



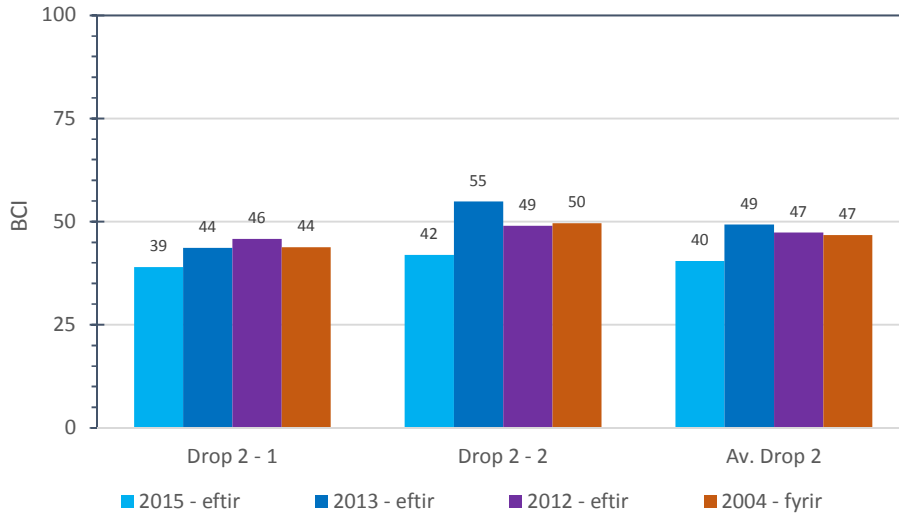
BCI 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



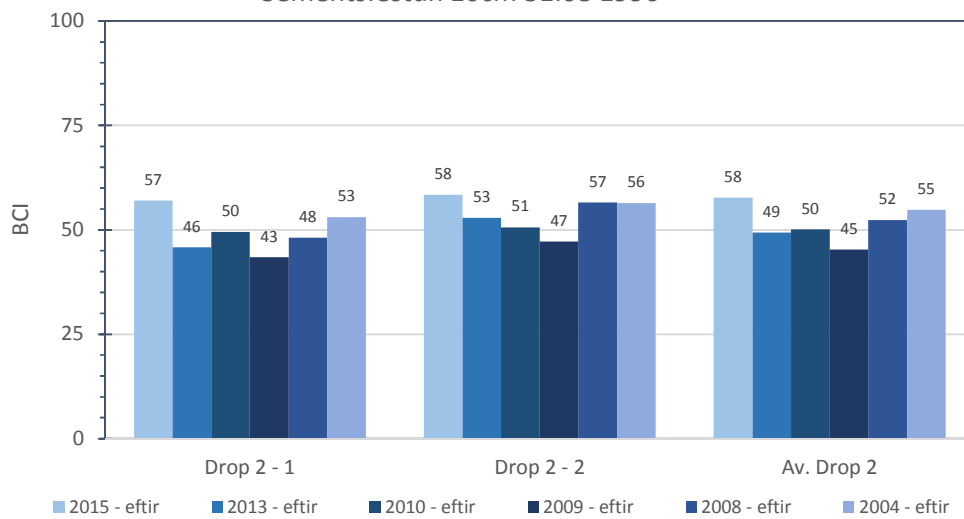
BCI 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



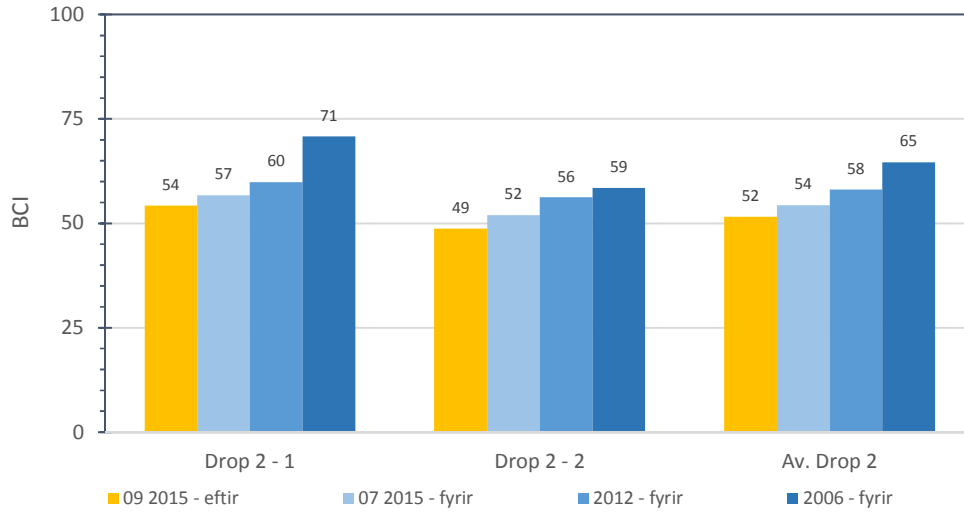
BCI 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



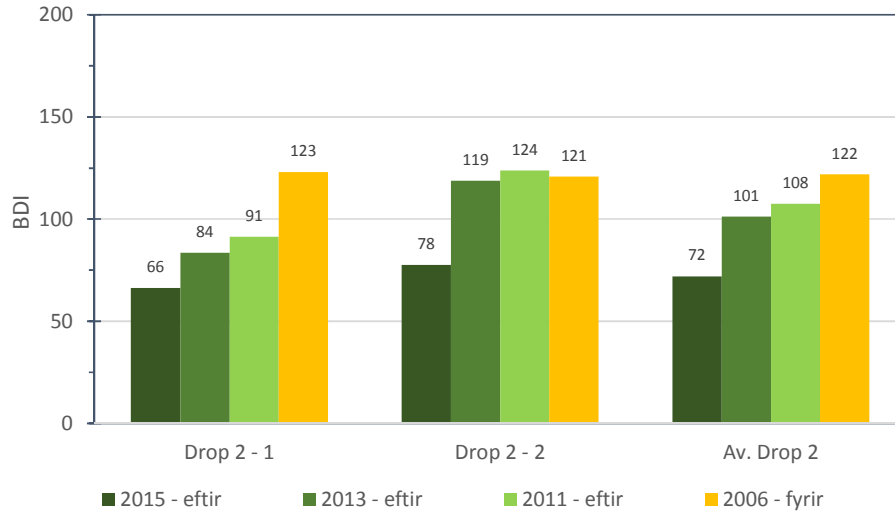
BCI 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



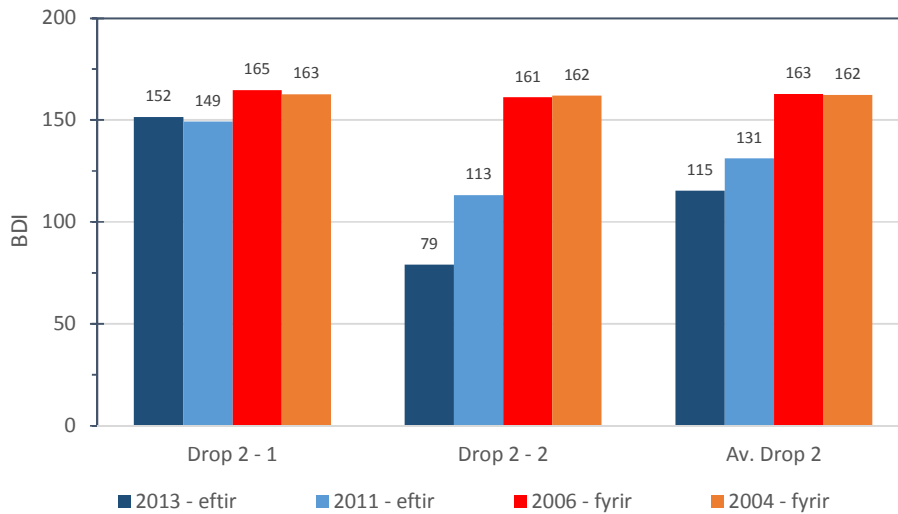
BCI 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



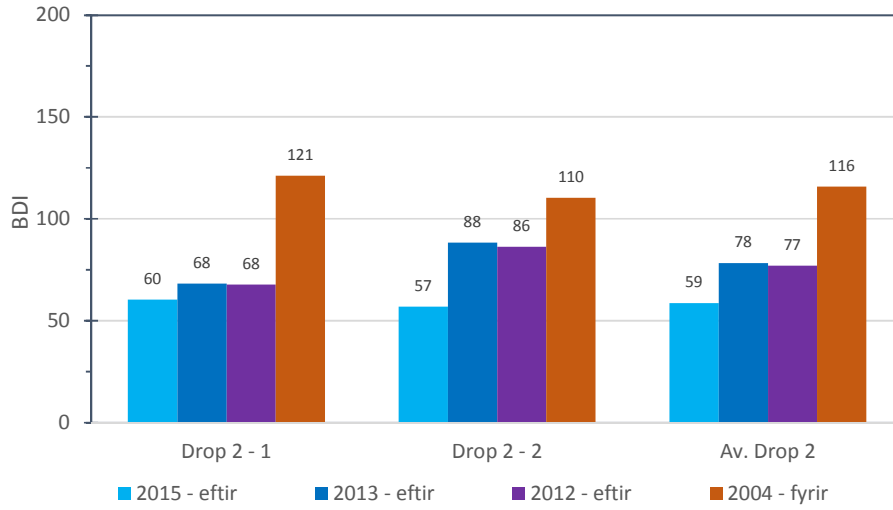
BDI 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



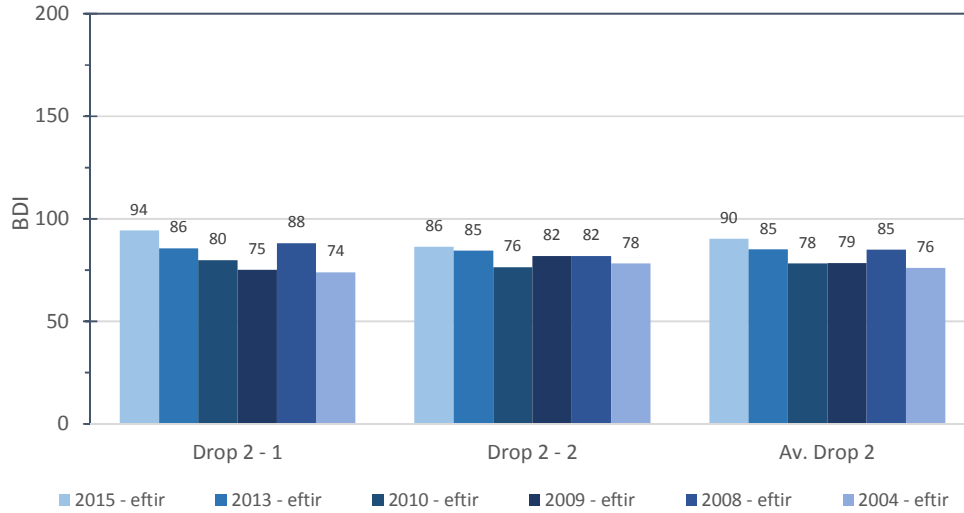
BDI 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



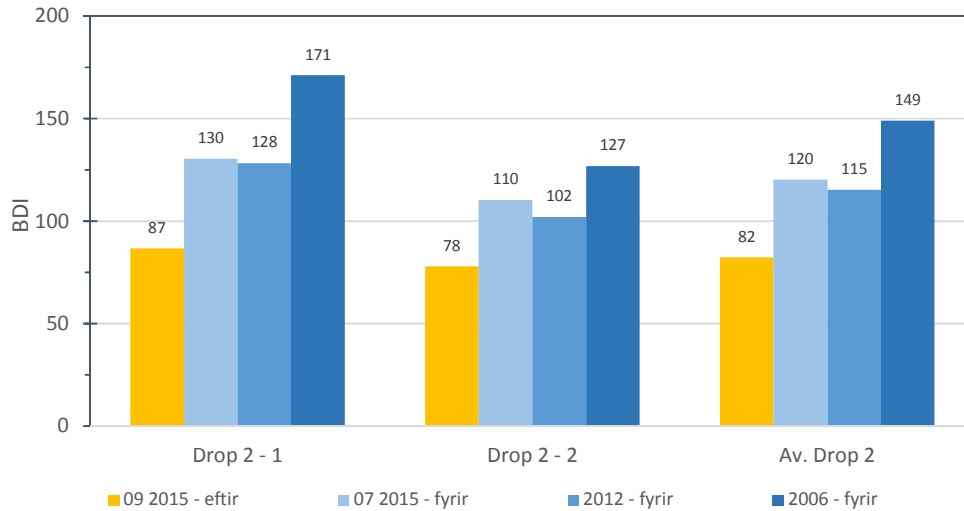
BDI 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



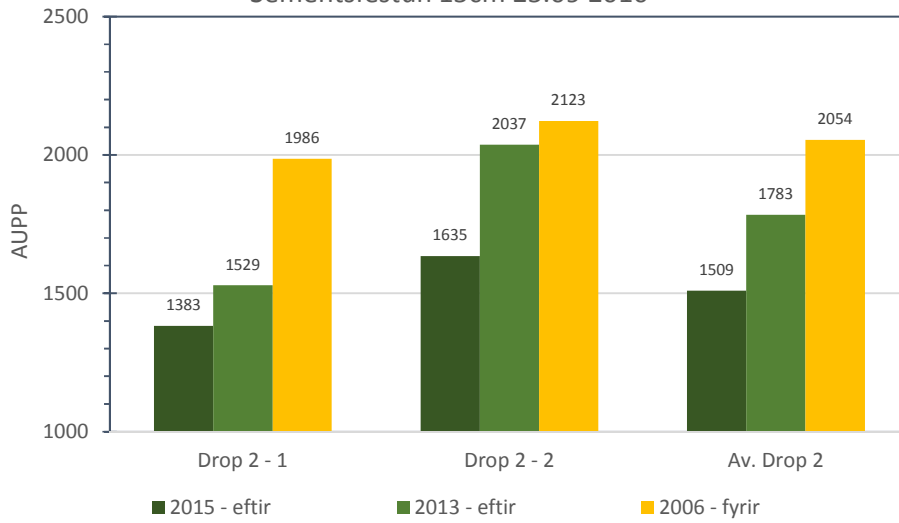
BDI 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



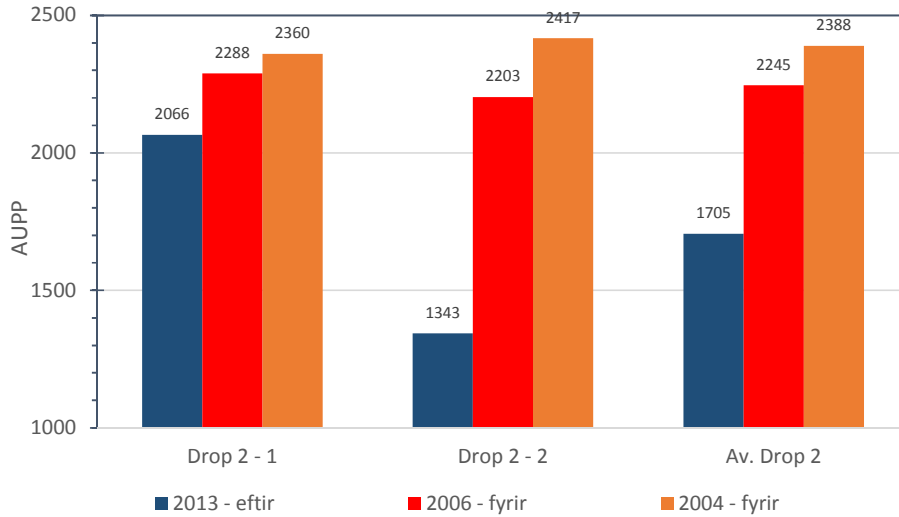
BDI 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



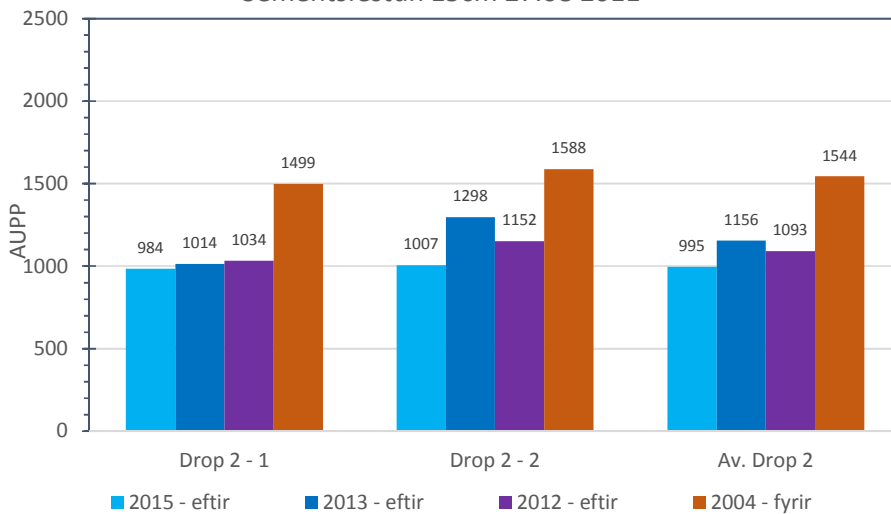
AUPP 1-k6 → stöðvar 950 - 4066
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



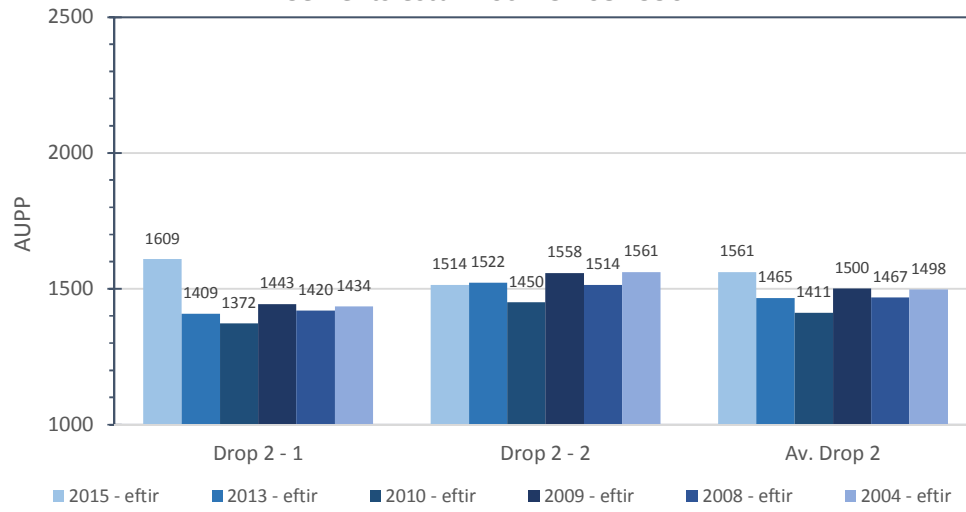
AUPP 1-k7 → stöðvar 210-2542
Sementsfestun 15cm 25.09 2010



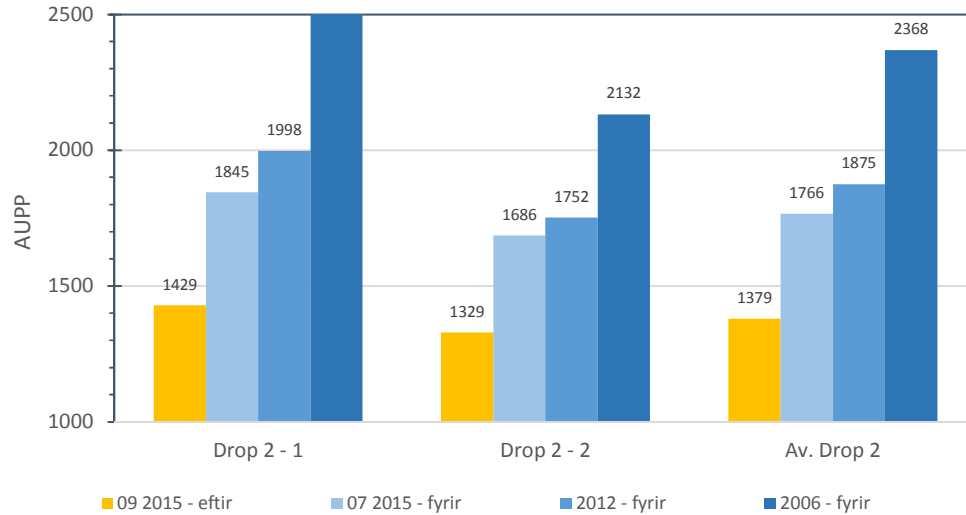
AUPP 1-k8 → stöðvar 10.365-11.389
Sementsfestun 15cm 27.08 2011



AUPP 1-m2 → stöðvar 7860-13.240
Sementsfestun 10cm 31.08 1996



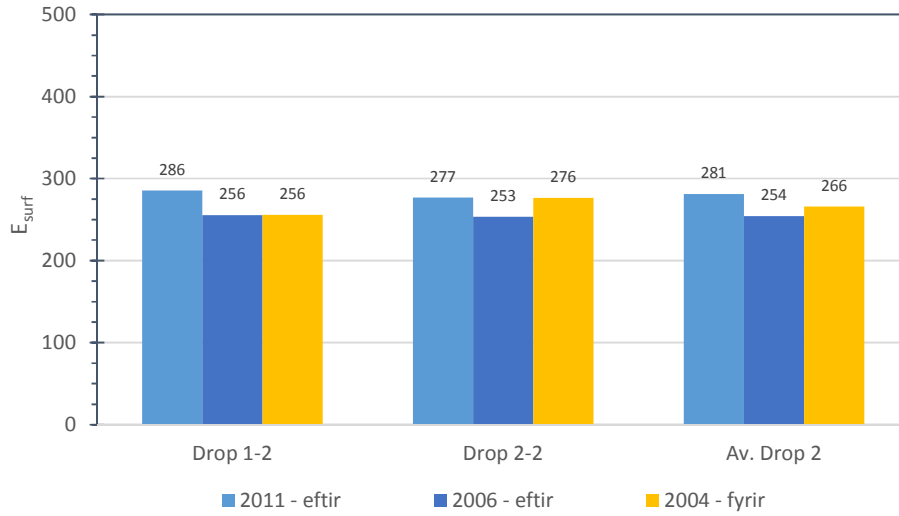
AUPP 1-h0 → stöðvar 0-2940
Sementsfestun 15cm 01.08 2015



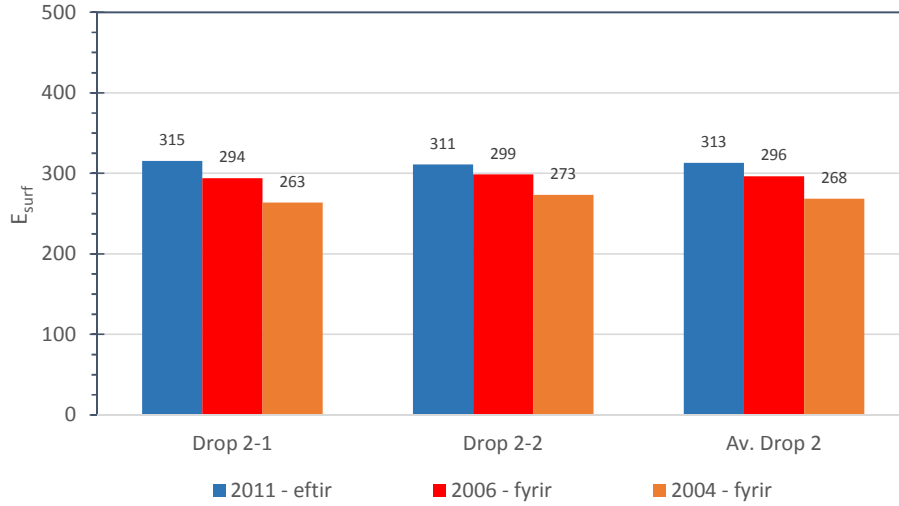
VIÐAUKI 2

Bikbundin burðarlög í vegum

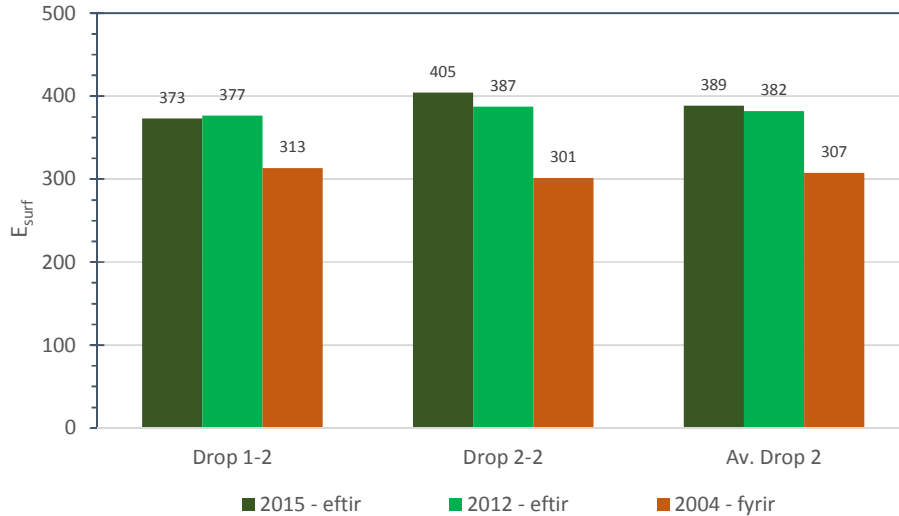
E_{surf} [MPa] 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



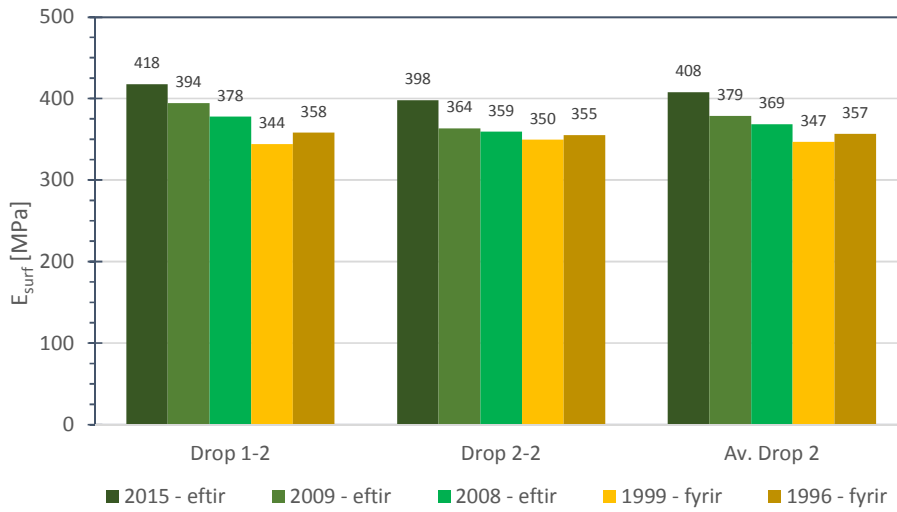
E_{surf} [MPa] 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



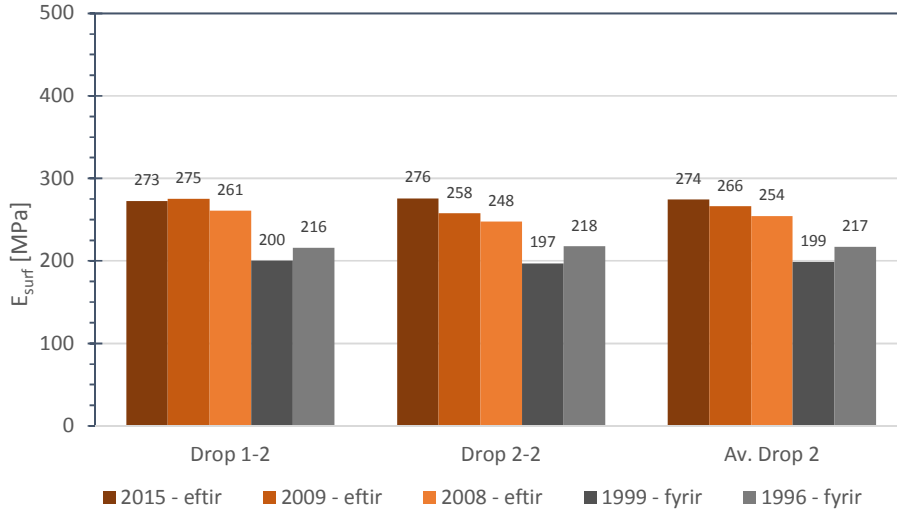
E_{surf} [MPa] 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



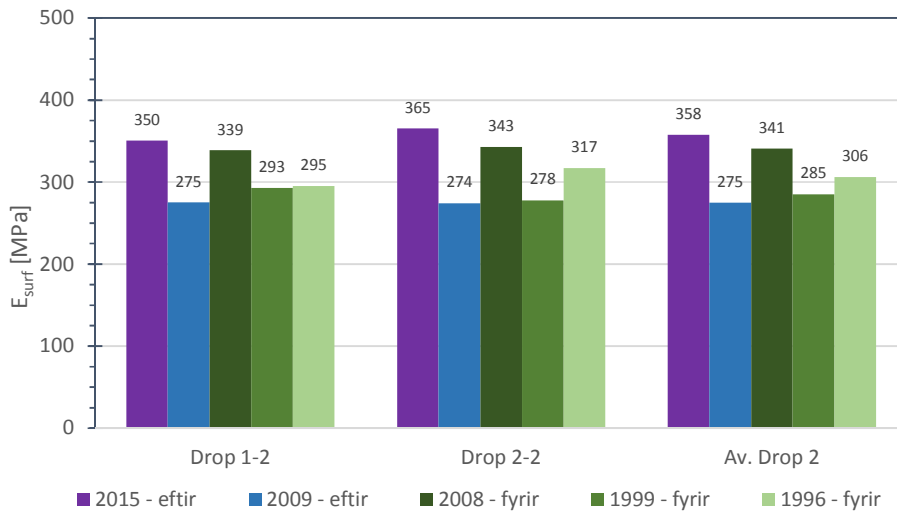
E_{surf} [MPa] 1-m² → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



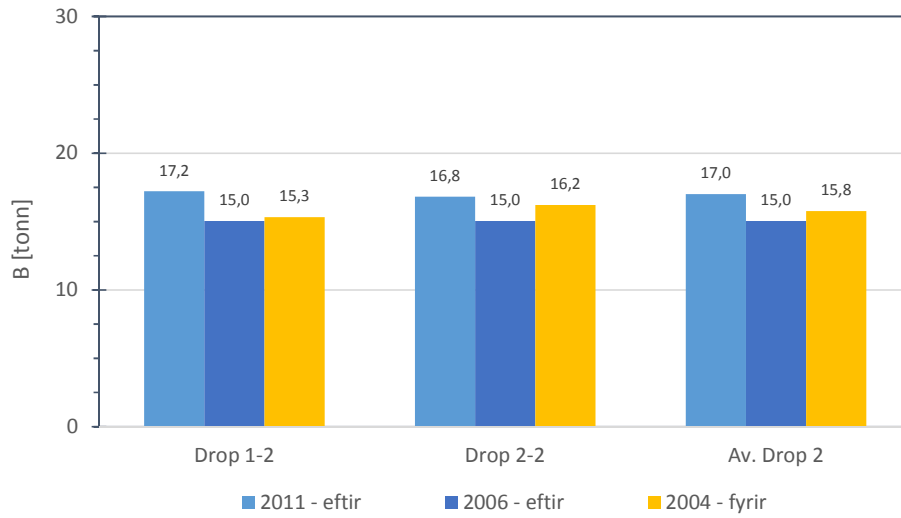
E_{surf} [MPa] 1-m² → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



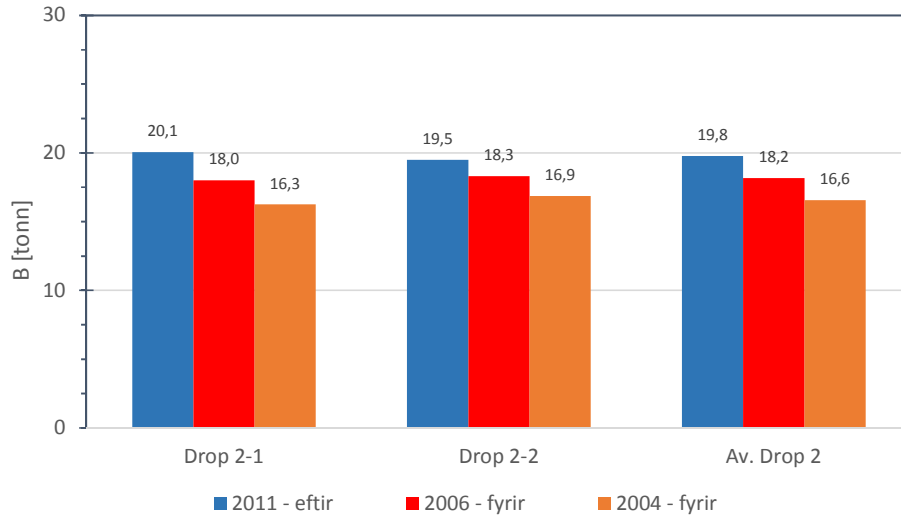
E_{surf} [MPa] 1-m² → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



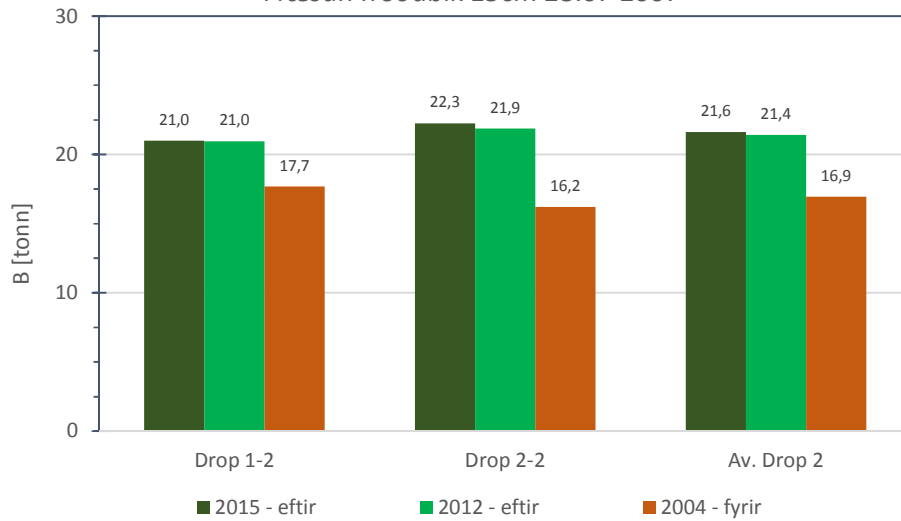
B [tonn] 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



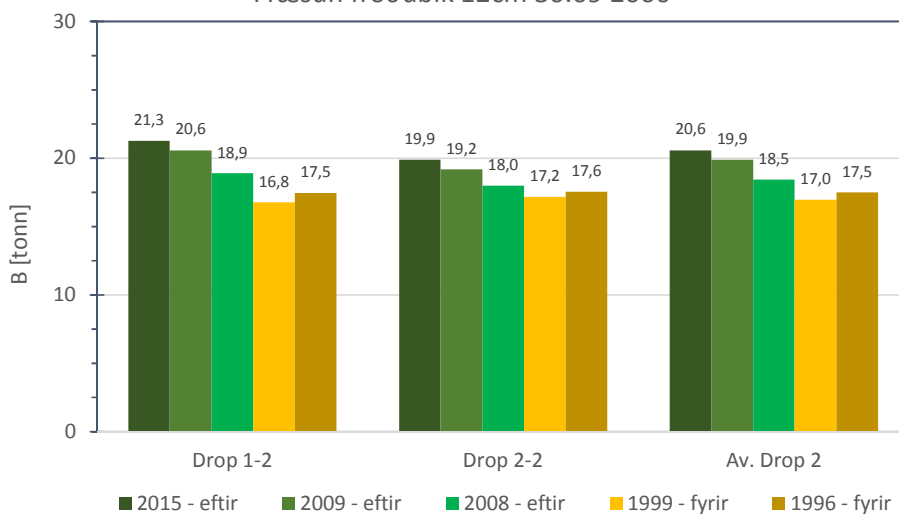
B [tonn] 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



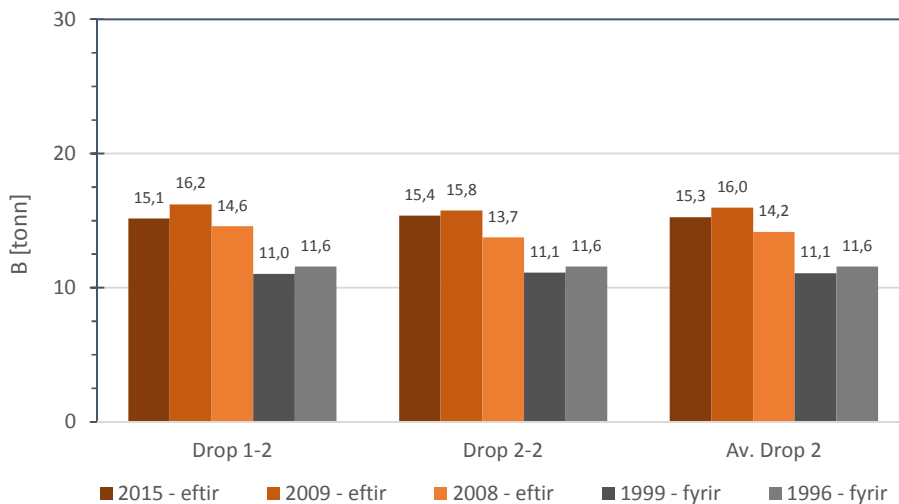
B [tonn] 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



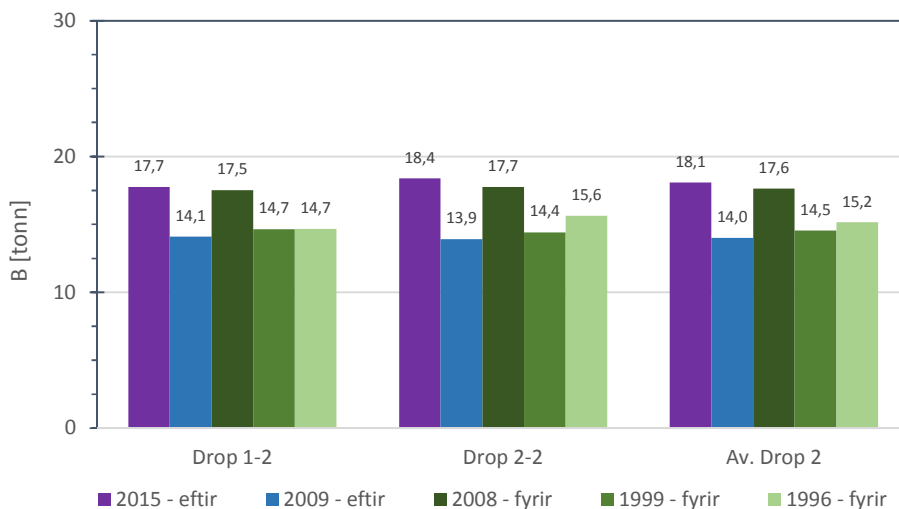
B [tonn] 1-m² → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



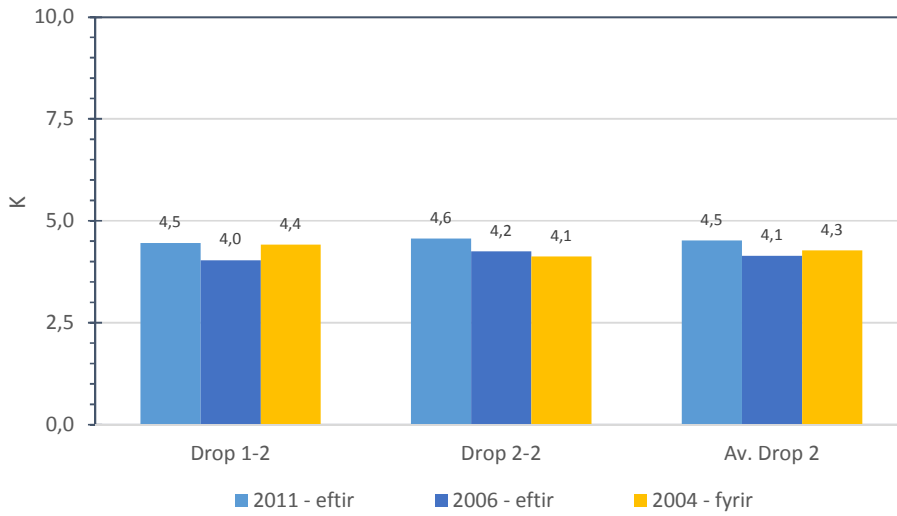
B [tonn] 1-m² → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



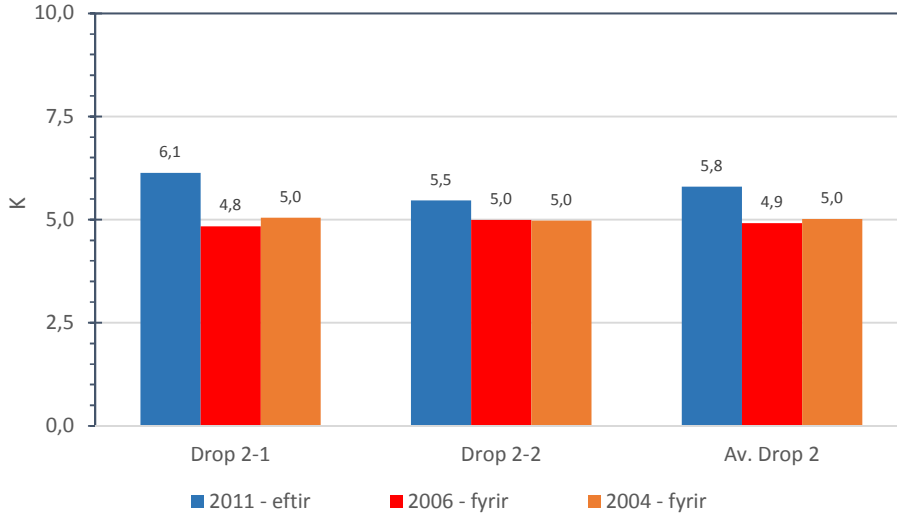
B [tonn] 1-m² → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



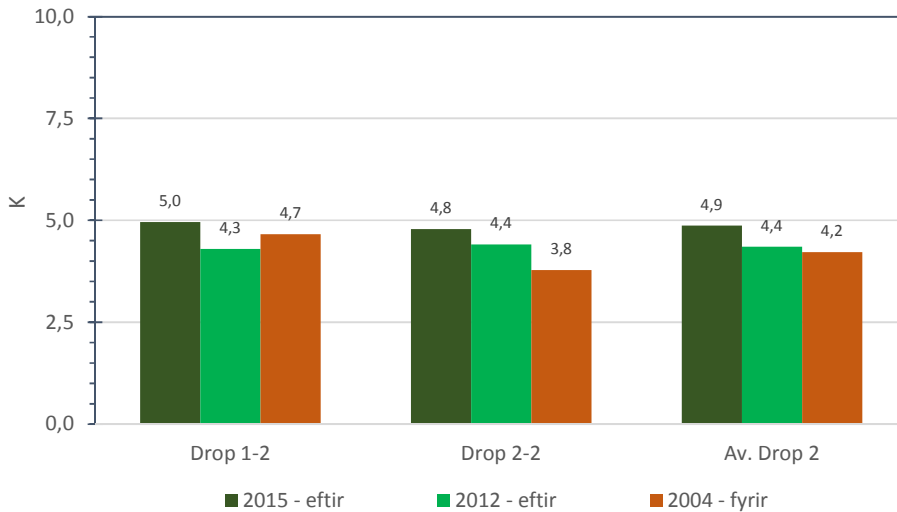
K 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



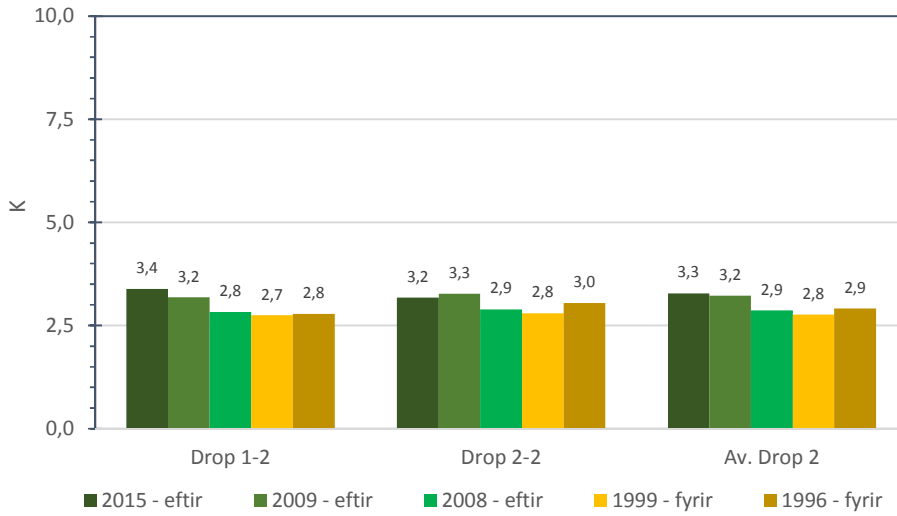
K 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



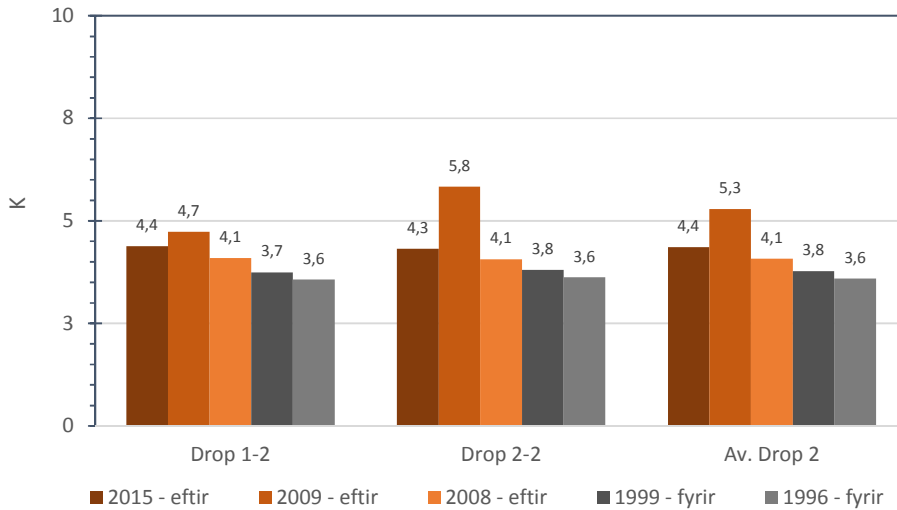
K 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



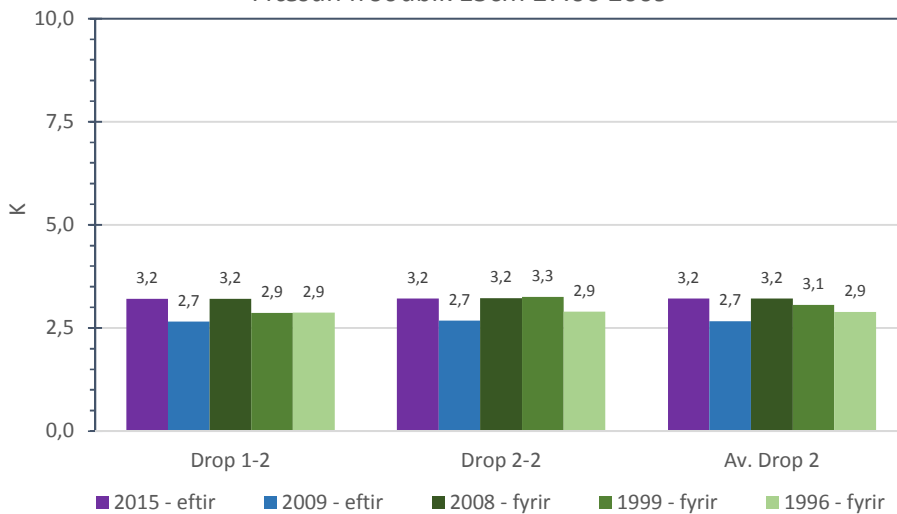
K 1-m² → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



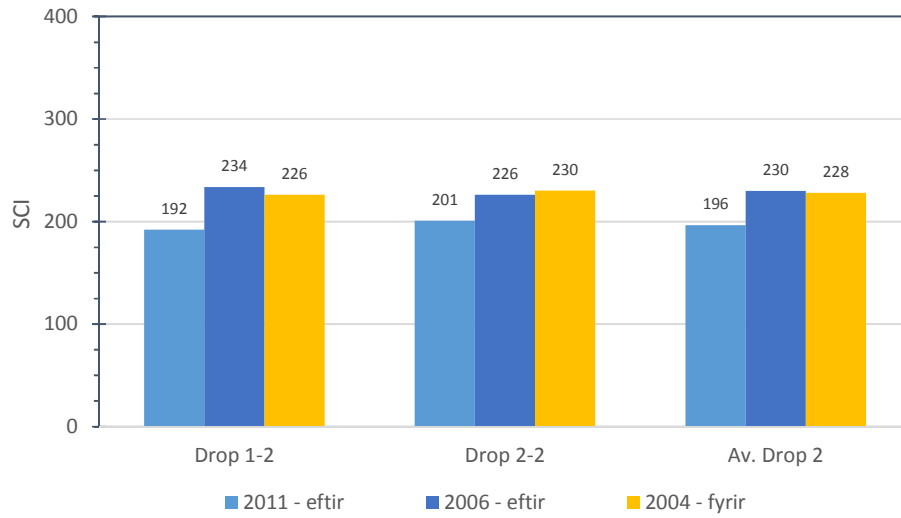
K 1-m² → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



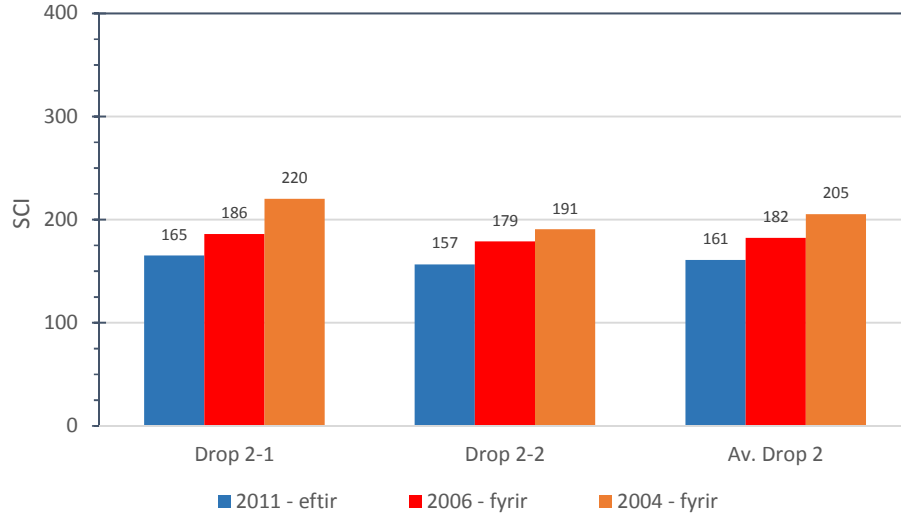
K 1-m² → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



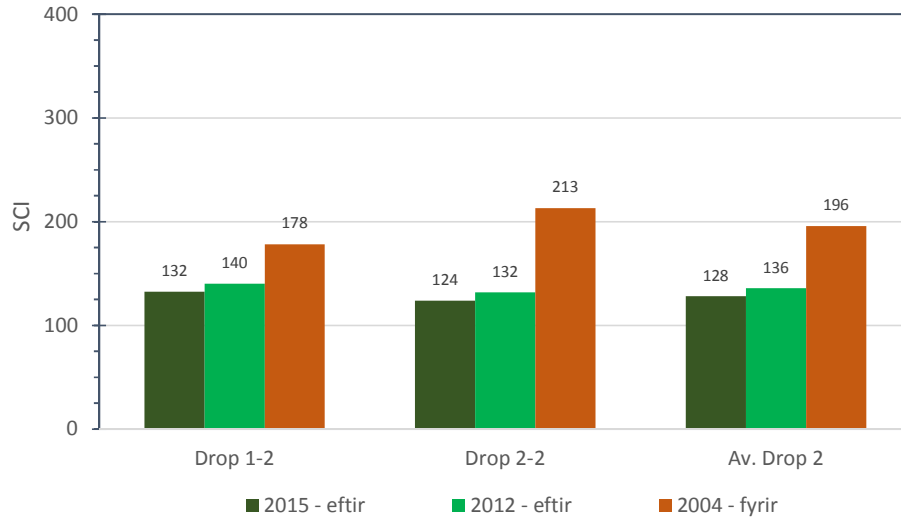
SCI 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



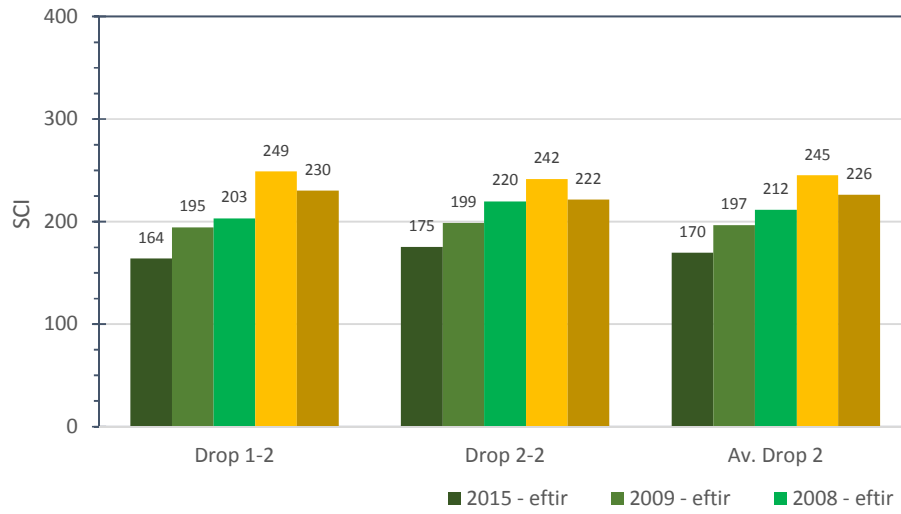
SCI 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



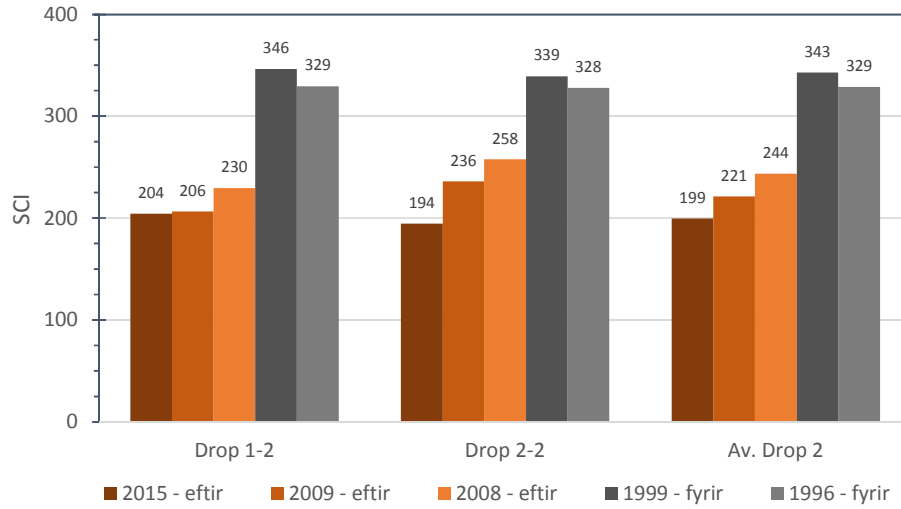
SCI 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



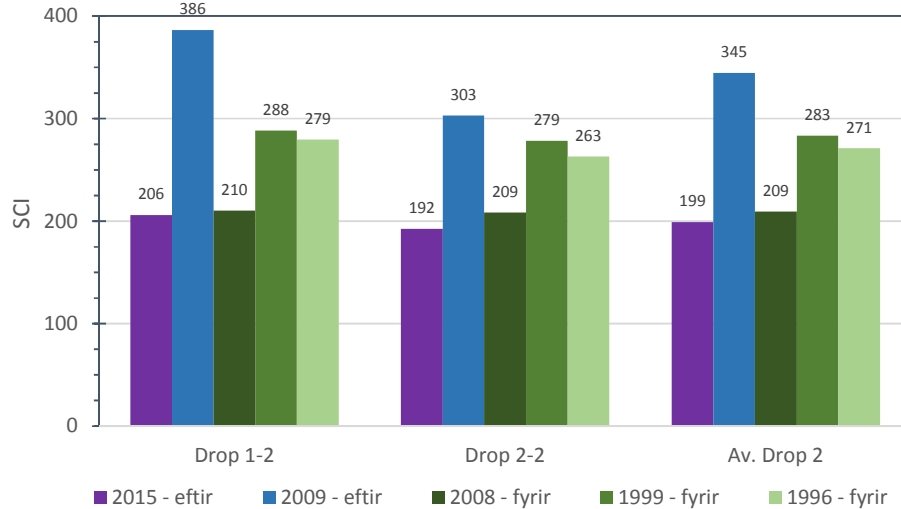
SCI 1-m2 → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



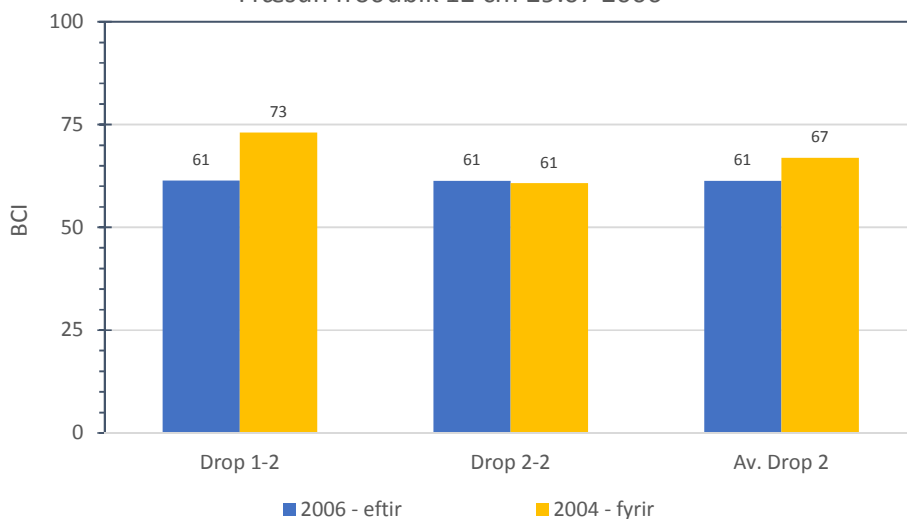
SCI 1-m2 → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



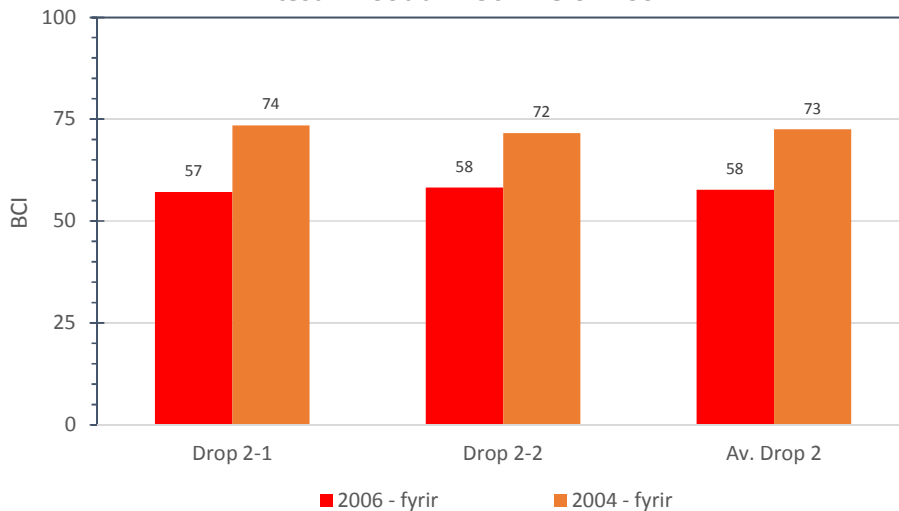
SCI 1-m2 → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



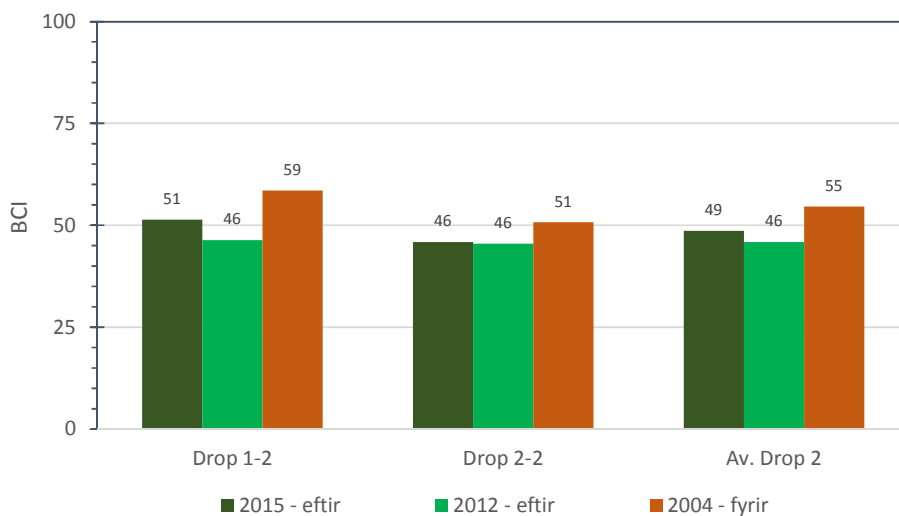
BCI 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



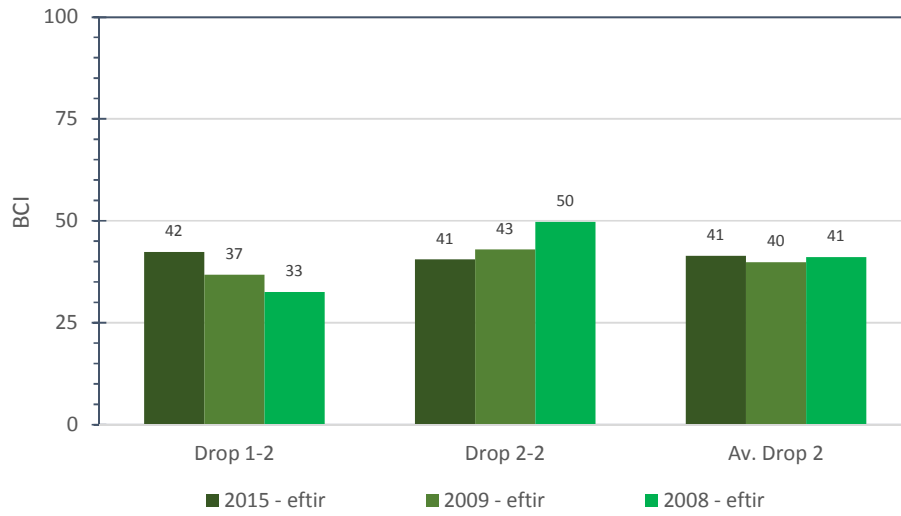
BCI 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



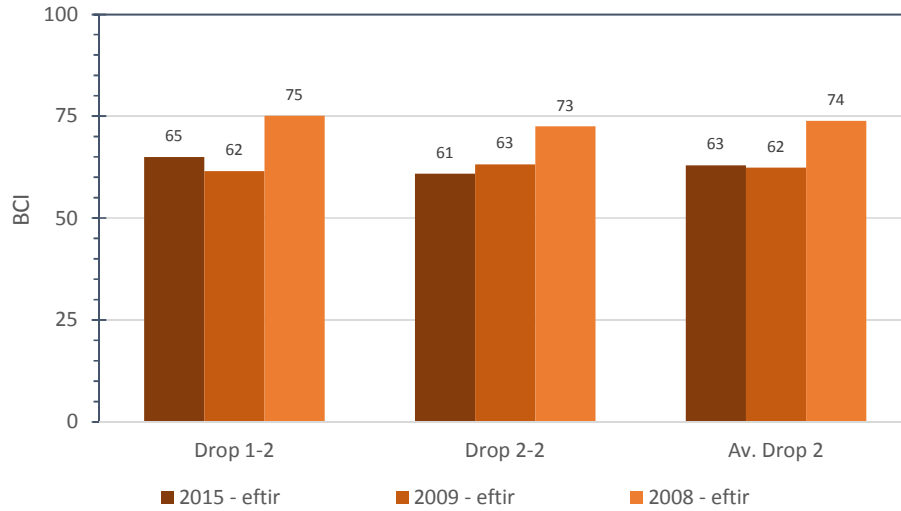
BCI 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



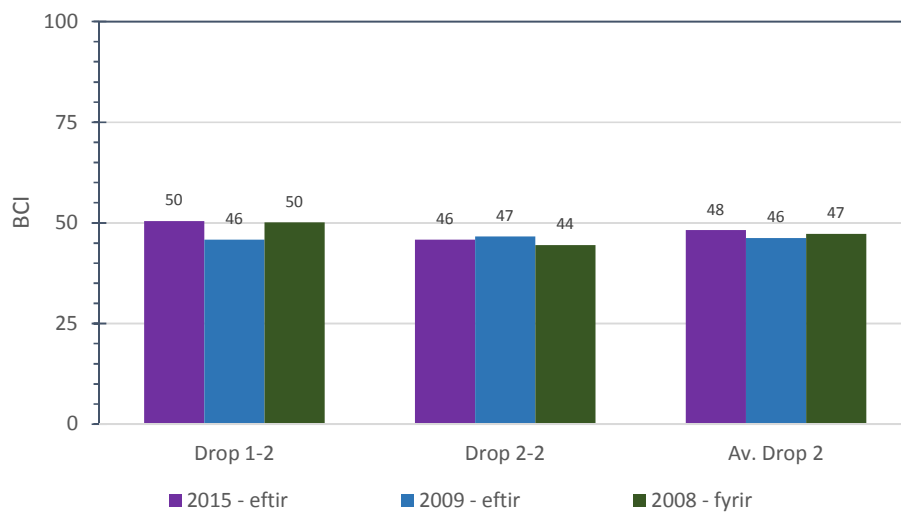
BCI 1-m2 → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



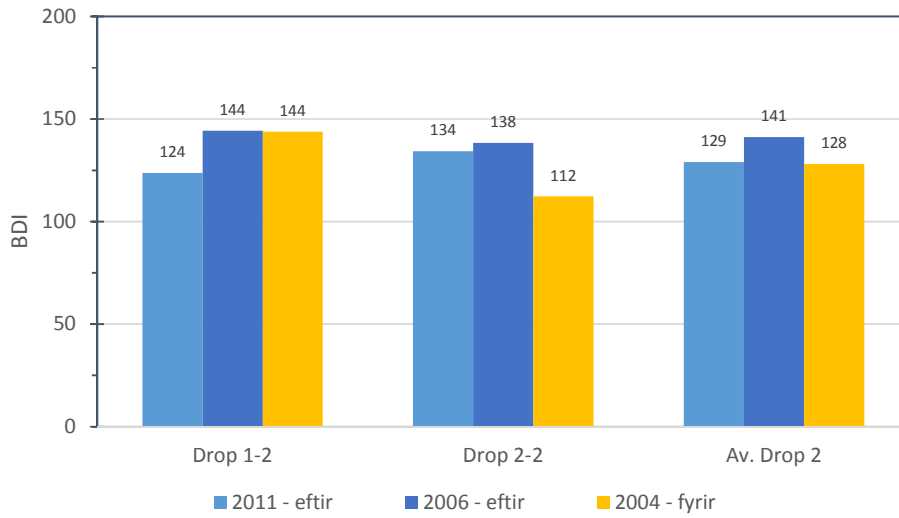
BCI 1-m2 → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



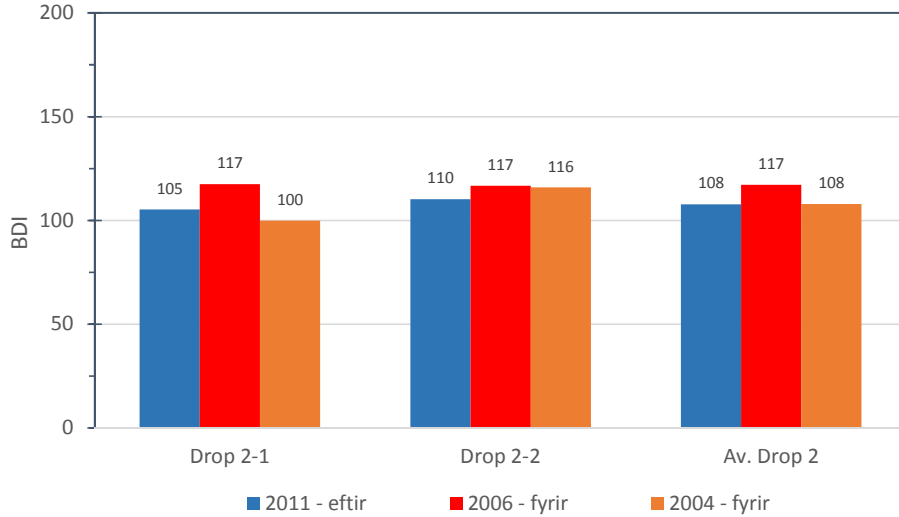
BCI 1-m2 → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



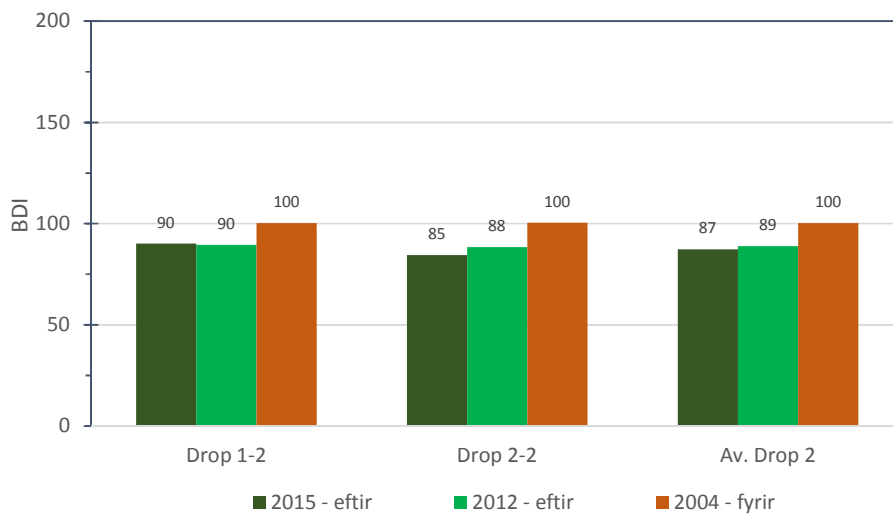
BDI 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



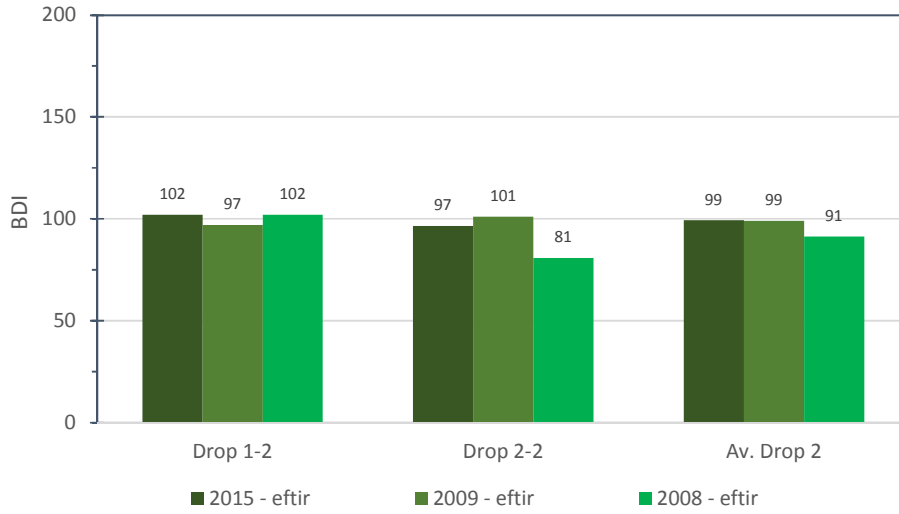
BDI 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



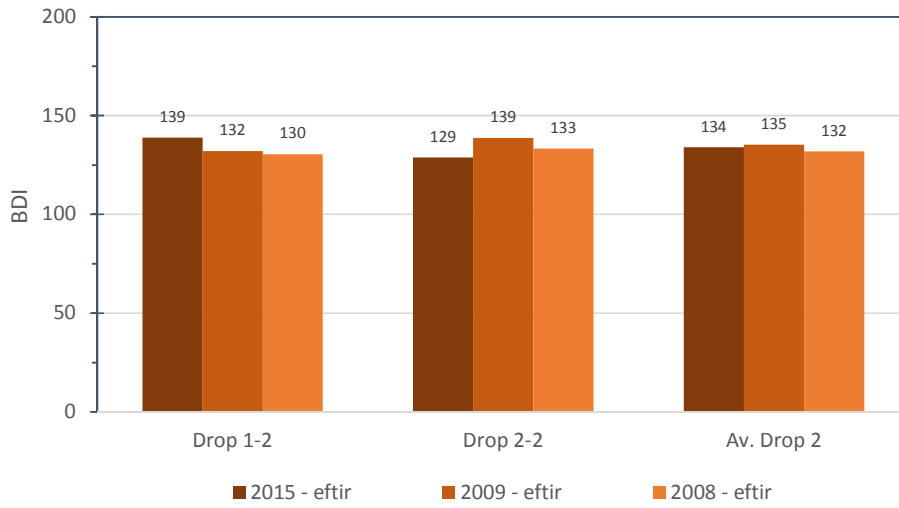
BDI 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



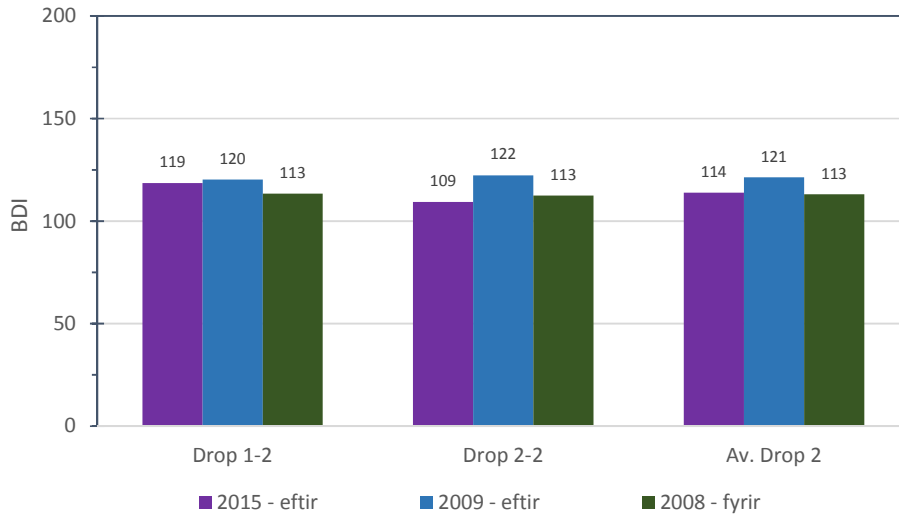
BDI 1-m² → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



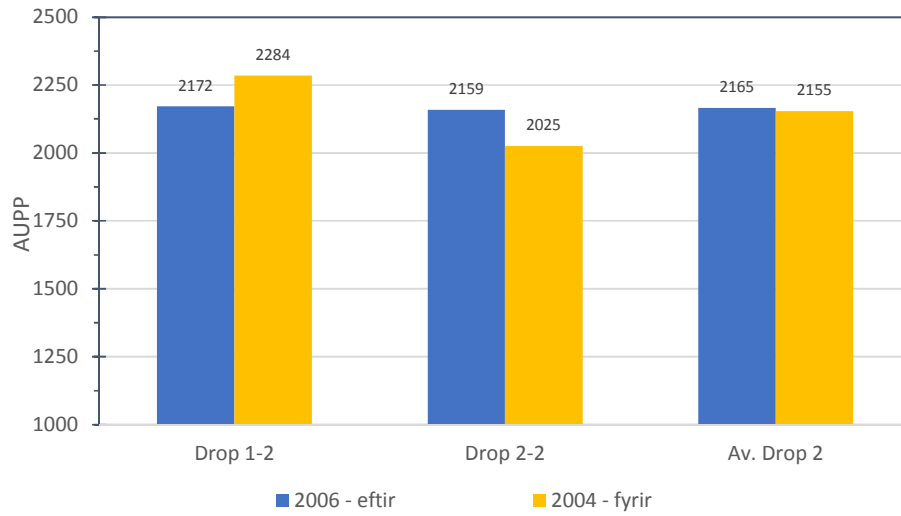
BDI 1-m² → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



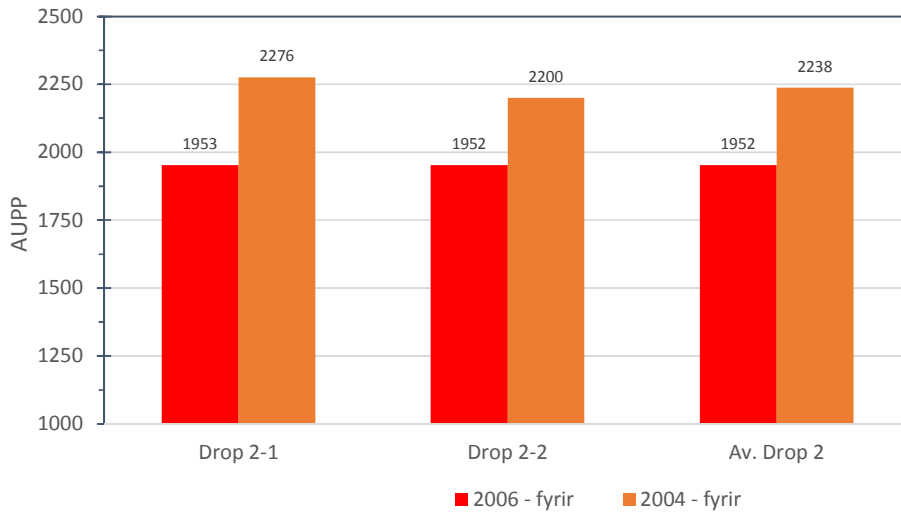
BDI 1-m² → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



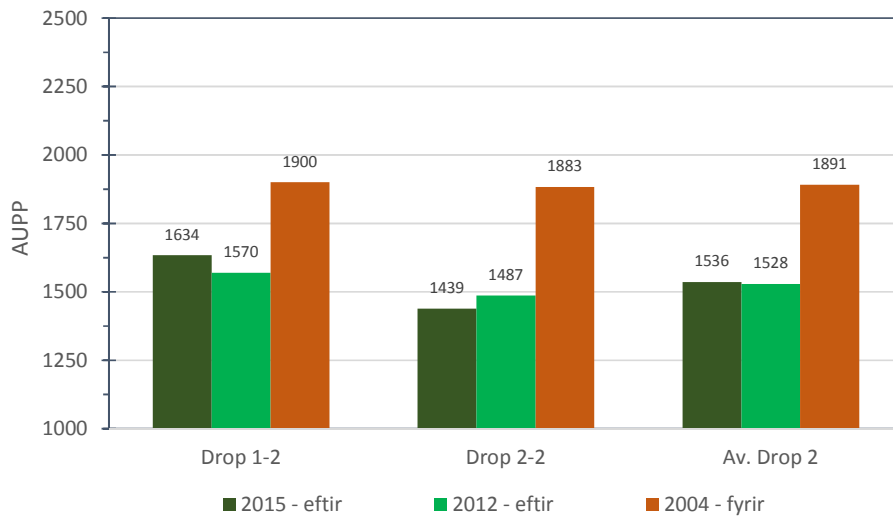
AUPP 1-k7 → 2543-5600
Fræsun froðubik 12 cm 29.07 2006



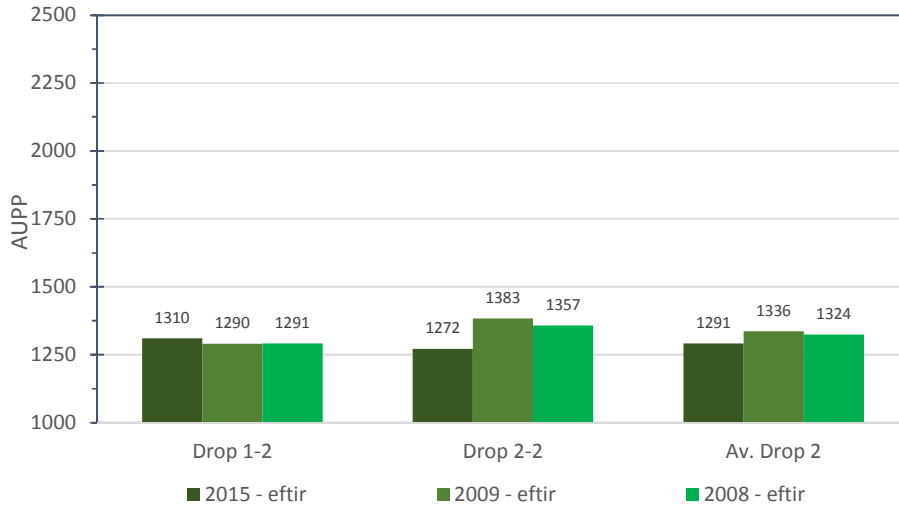
AUPP 1-k7 → 5600-11.190
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



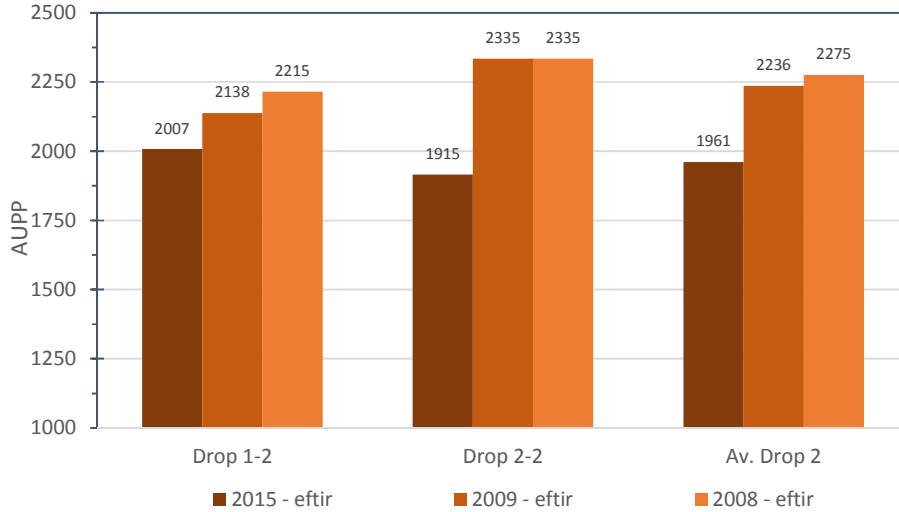
AUPP 1-k8 → 205-4687
Fræsun froðubik 15cm 28.07 2007



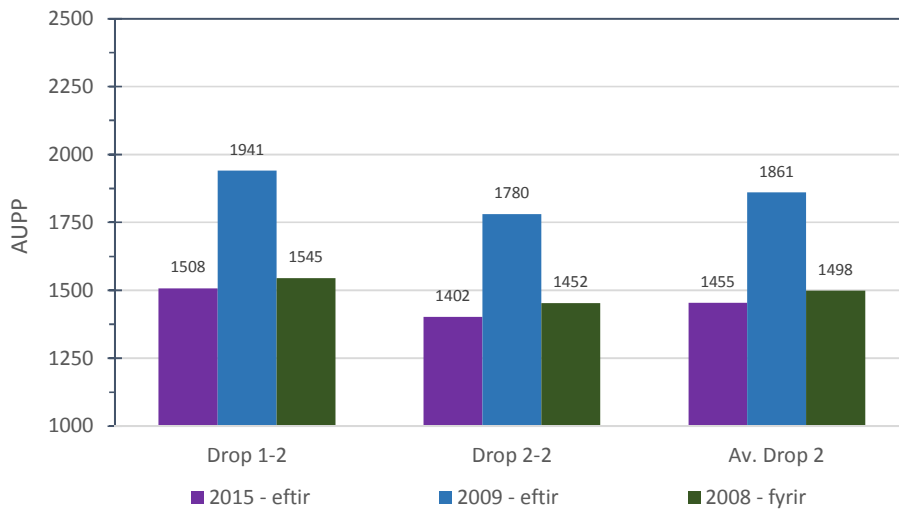
AUPP 1-m² → stöðvar 830-1220
Fræsun froðubik 12cm 30.09 2000



AUPP 1-m² → stöðvar 2731-5898
Fræsun froðubik 15cm 29.07 2006



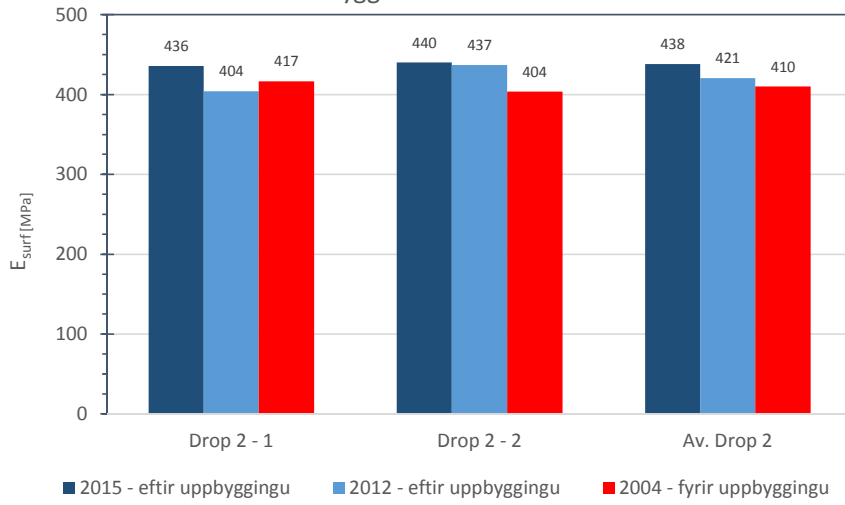
AUPP 1-m² → stöðvar 1139-2731
Fræsun froðubik 15cm 27.06 2009



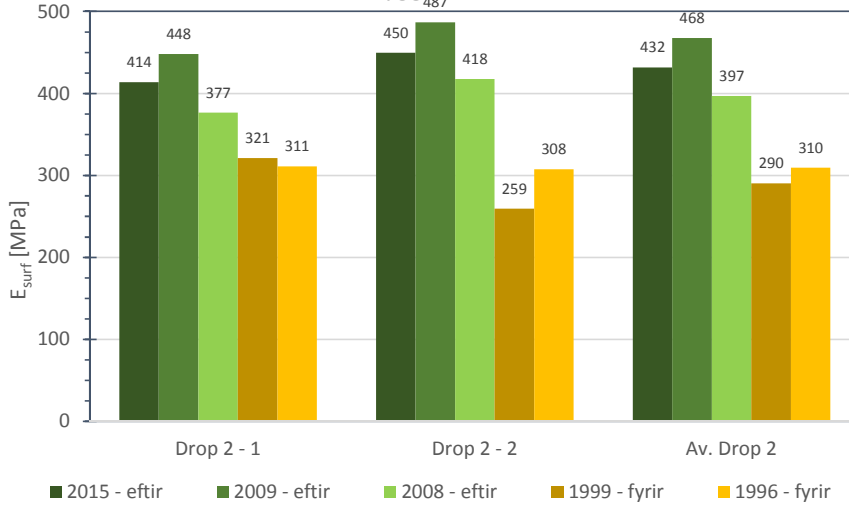
VIÐAUKI 3

Endurbyggðir vegir með óbundnu burðarlagi

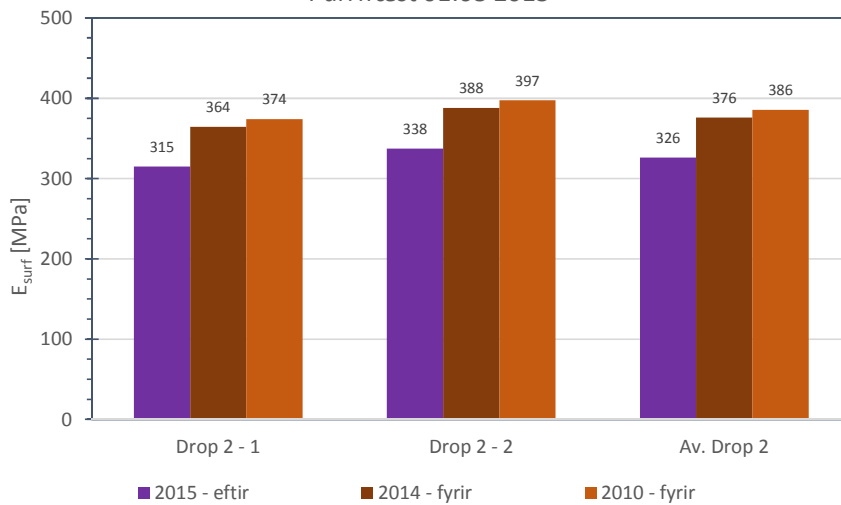
E_{surf} 1-k8 → stöðvar 4570-10380
Endurbýggt 25.06 2011



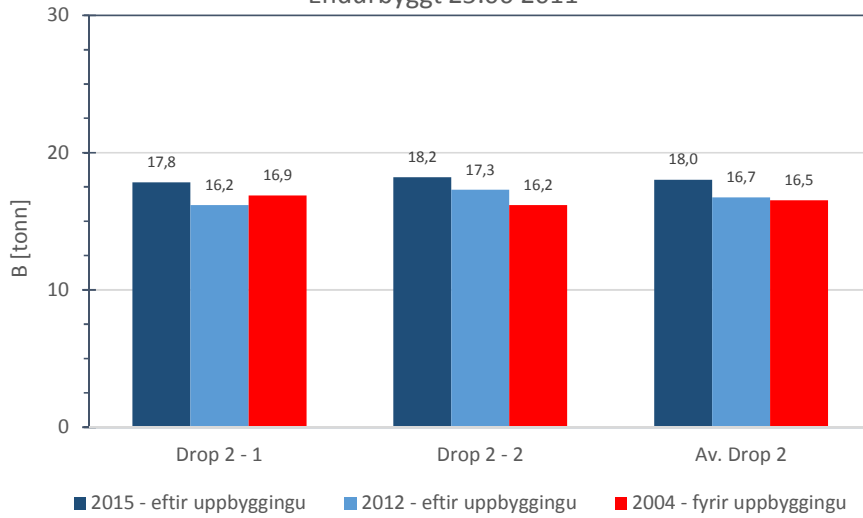
E_{surf} 1-m2 → stöðvar 0-830
Endurbýggt 30.09 2000



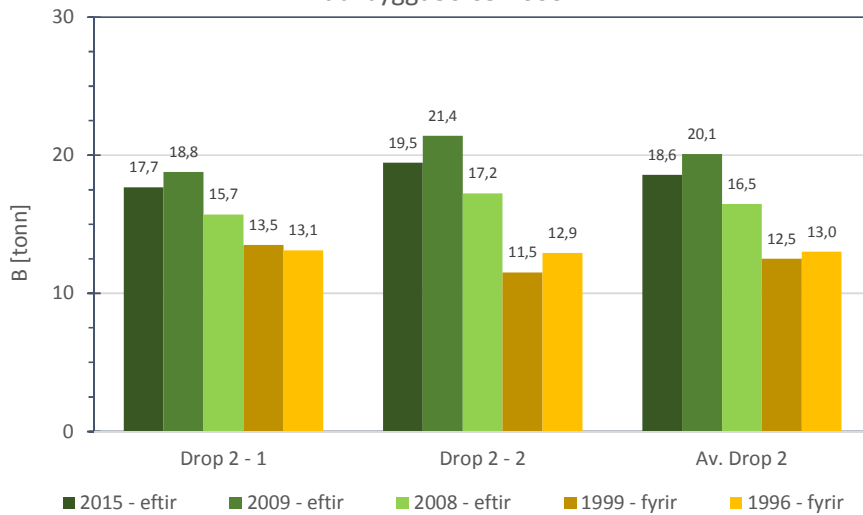
E_{surf} [MPa] 31-01 → stöðvar 6740-9310
þurrfræst 01.08 2015



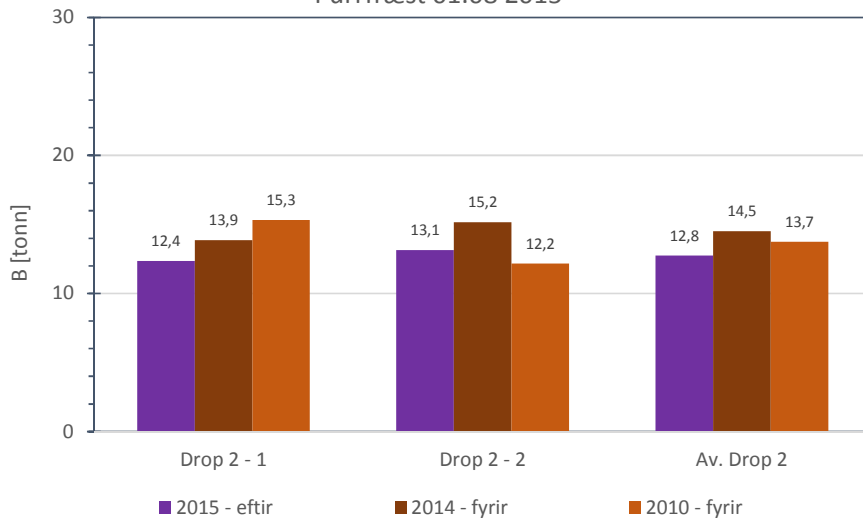
B [tonn] 1-k8 → stöðvar 4570-10380
Endurbyggt 25.06 2011



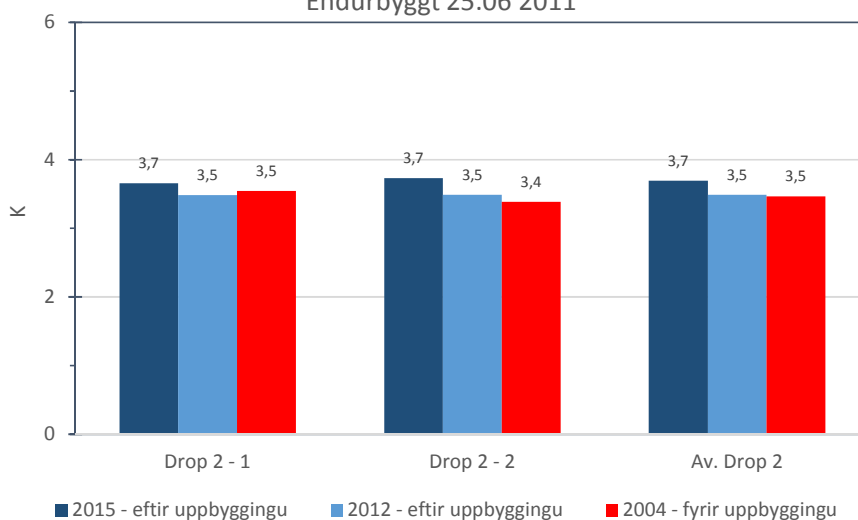
B [tonn] 1-m2 → stöðvar 0-830
Endurbyggt 30.09 2000



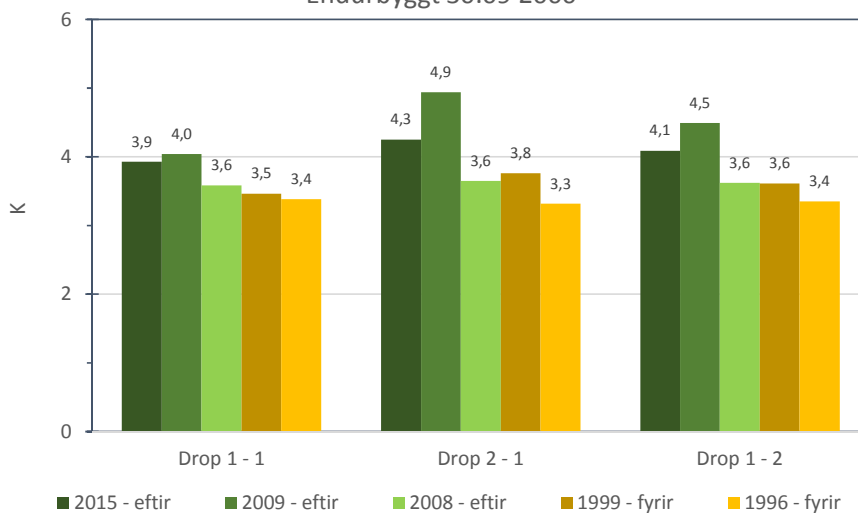
B [tonn] 31-01 → stöðvar 6740-9310
Þurrfræst 01.08 2015



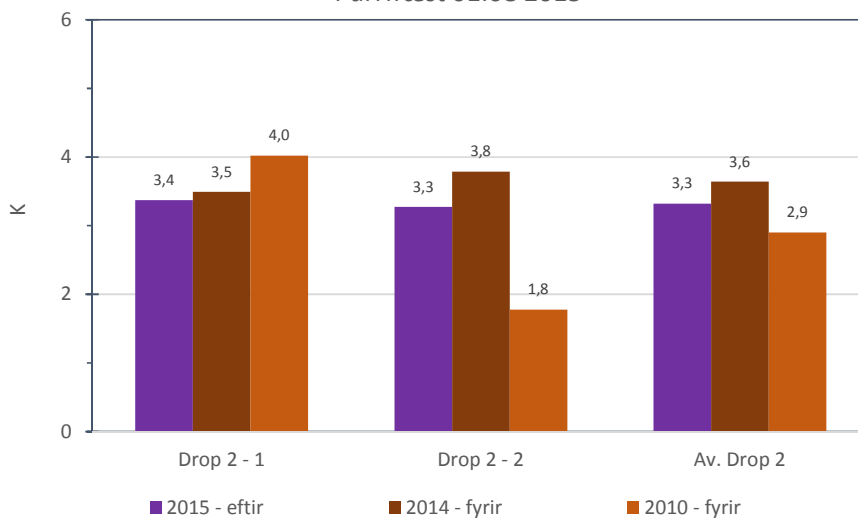
K 1-k8 → stöðvar 4570-10380
Endurbýggt 25.06 2011



K 1-m2 → stöðvar 0-830
Endurbýggt 30.09 2000

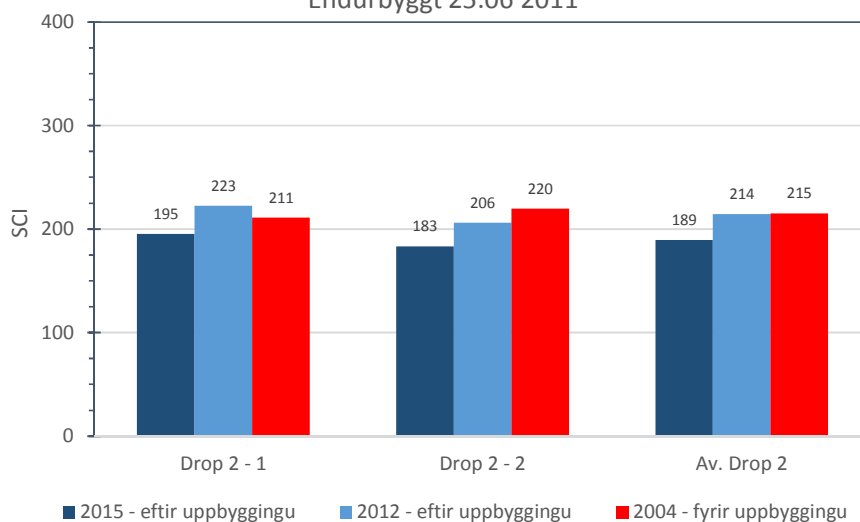


K 31-01 → stöðvar 6740-9310
Þurrfræst 01.08 2015



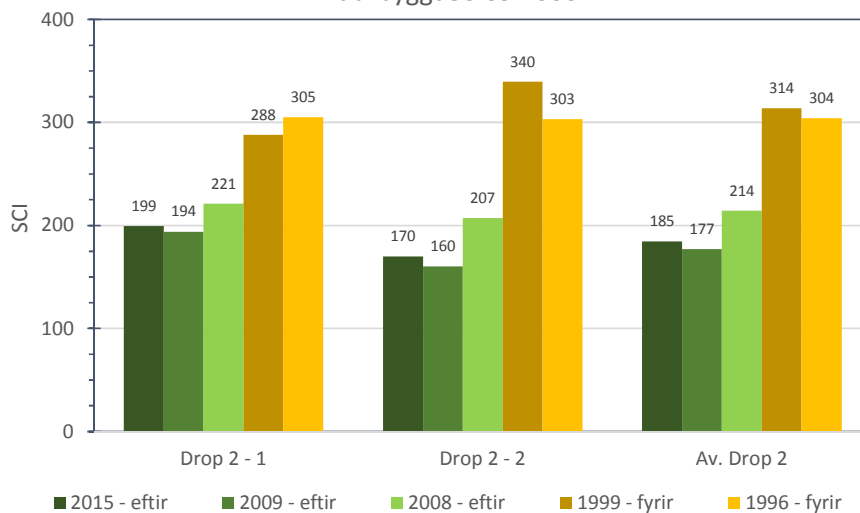
SCI 1-k8 → stöðvar 4570-10380

Endurbyggt 25.06 2011



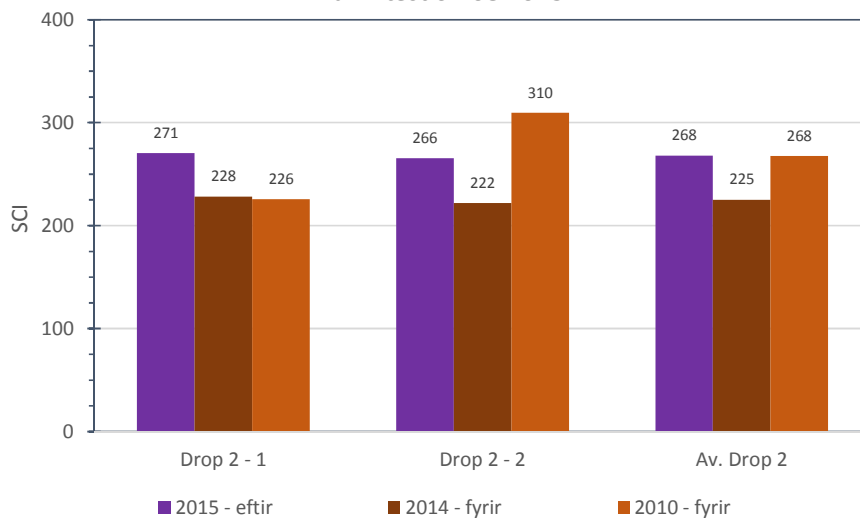
SCI 1-m2 → stöðvar 0-830

Endurbyggt 30.09 2000

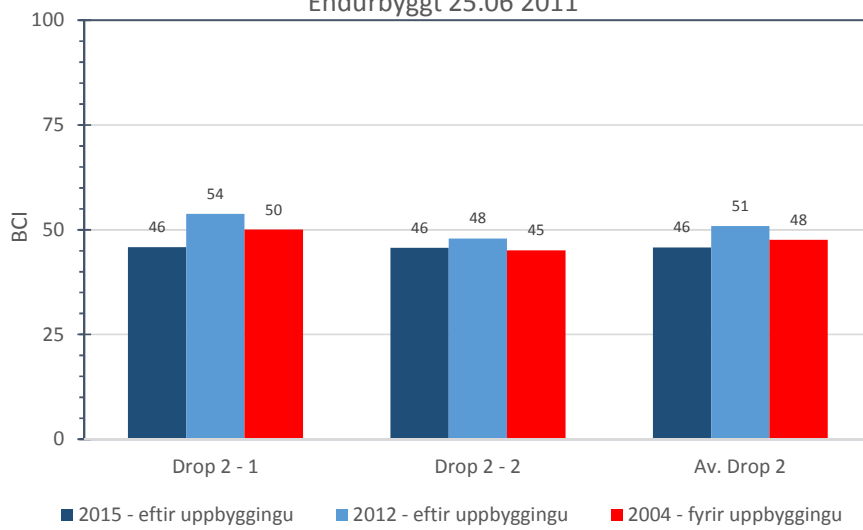


SCI 31-01 → stöðvar 6740-9310

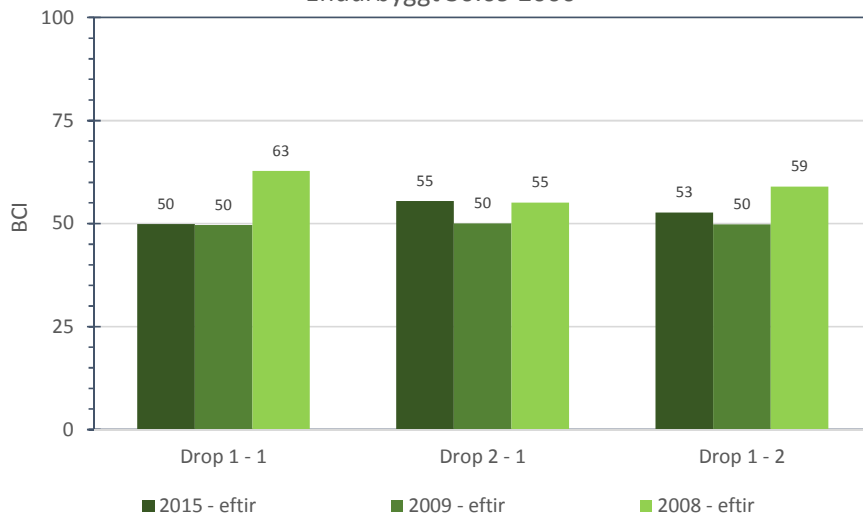
Þurrfræst 01.08 2015



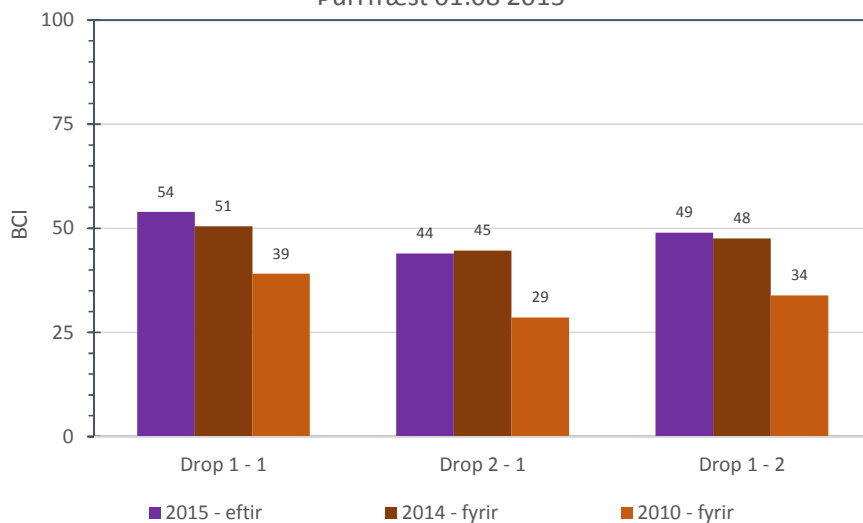
BCI 1-k8 → stöðvar 4570-10380
Endurbyggt 25.06 2011



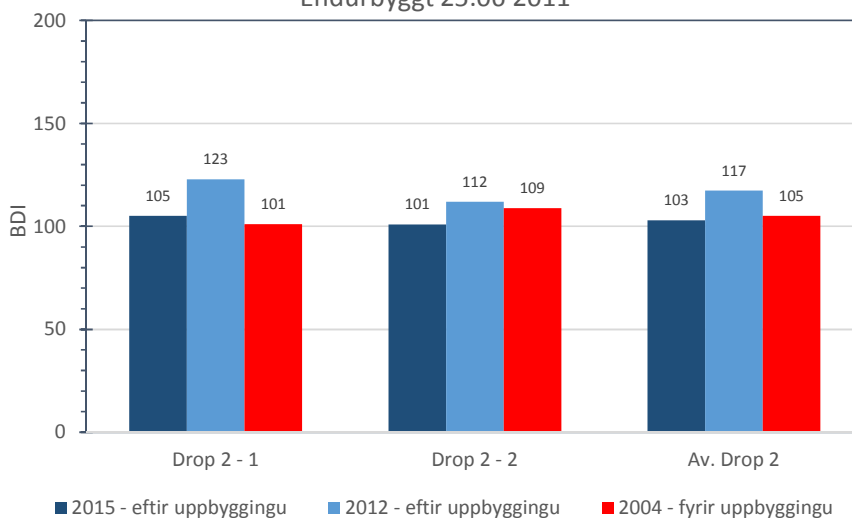
BCI 1-m2 → stöðvar 0-830
Endurbyggt 30.09 2000



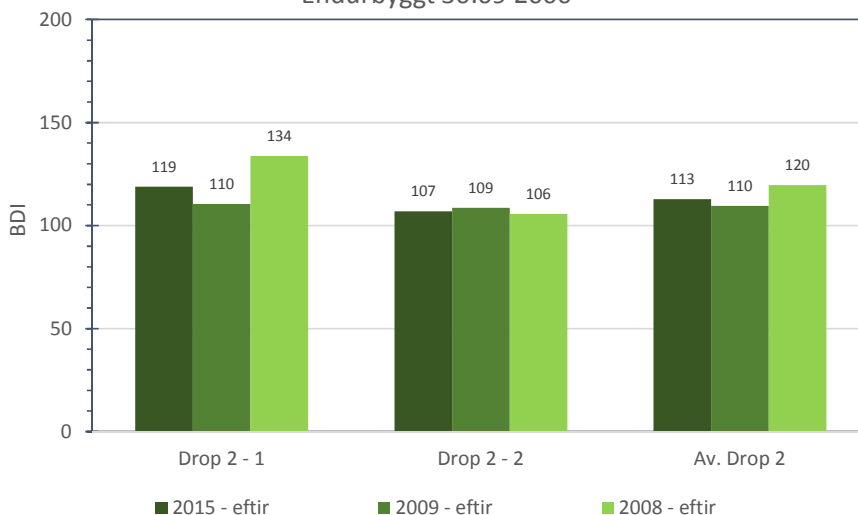
BCI 31-01 → stöðvar 6740-9310
Þurrfræst 01.08 2015



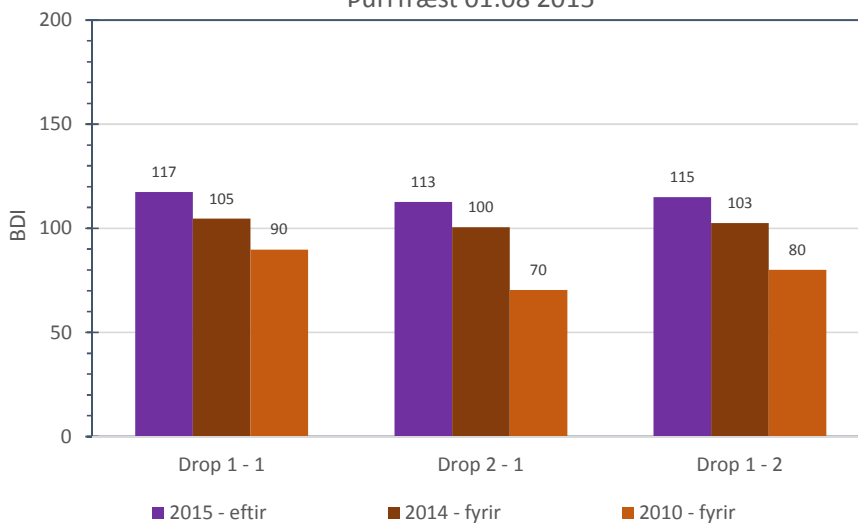
BDI 1-k8 → stöðvar 4570-10380
Endurbyggt 25.06 2011



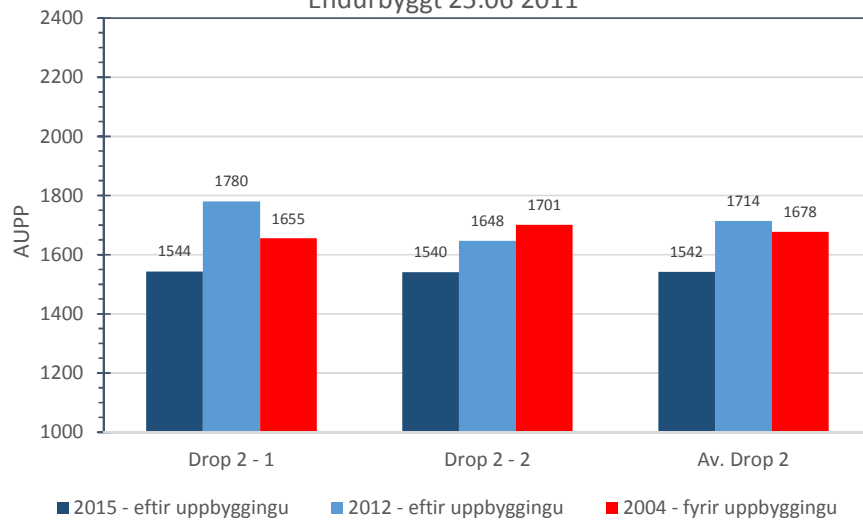
BDI 1-m2 → stöðvar 0-830
Endurbyggt 30.09 2000



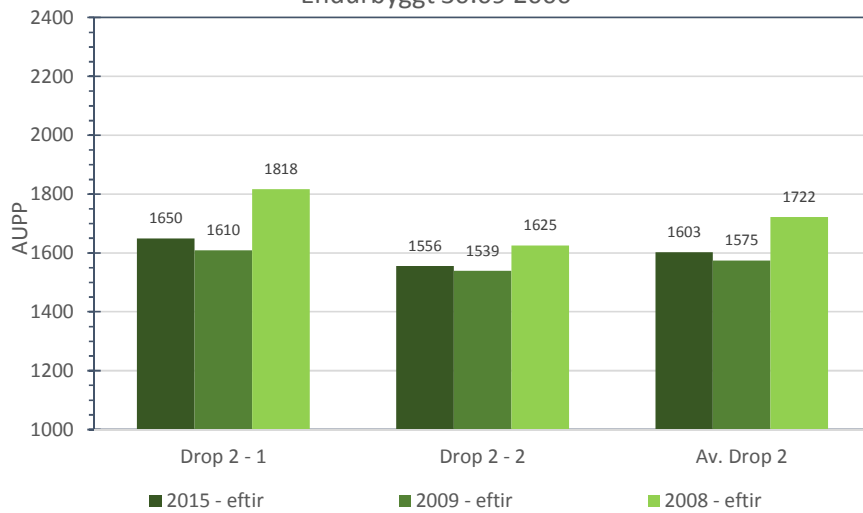
BDI 31-01 → stöðvar 6740-9310
purrfraest 01.08 2015



AUPP 1-k8 → stöðvar 4570-10380
Endurbyggt 25.06 2011



AUPP 1-m2 → stöðvar 0-830
Endurbyggt 30.09 2000



AUPP 31-01 → stöðvar 6740-9310
þurrfræst 01.08 2015

