



Dæmi um aðferðir og greiningu veðurgagna er lúta að færslu/nýbyggingu flugvalla í Noregi

**Hautþing Veðurfræðifélagsins og ISAVIA
9. nóvember 2017**

Hálf dán Ágústsson, Kjeller Vindteknikk
Knut Harstveit, Kjeller Vindteknikk
Knut Helge Midtbø, Meteorologisk Institutt
Adil Rashed, Sintef



Dæmi frá Hammerfest, Finnmark

Þrír kostir: Núverandi
braut og tveir nýjir.

Mælingar við
núverandi/mögulega
brautarenda

Mælingar á nálægum
fjallatoppum

Veðurlíkön í hárri
upplausn 1km-100m

Faghópur AVINOR,
veðurfræðinga og
flugrekstraraðila



Hefðbundin greining mælinga á vindi, skyggni, skýjahæð...

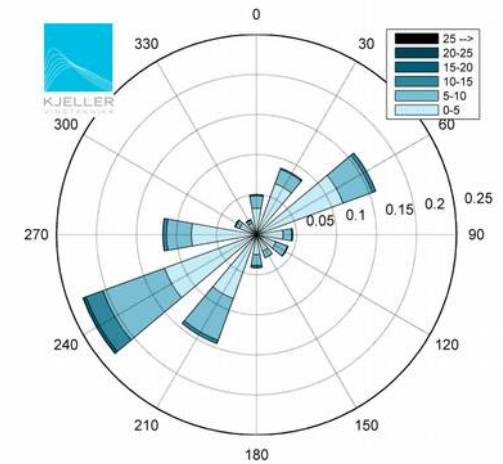
Beregnet værmessig tilgjengelighet på Steinbekkhaugen ved satellittnavigasjon

Periode	MOR<300 m og VZ/HL<200 Ft	U _{medvind} (260) > 10 kts og 200FT <VZ/HL <678FT	Problematiske sidevind eller turbulens på banen	Samlet værmessig tilgjengelighet
Mai 2008 – April 2009	0.6 %	0.4 %	0.0 %	99.0 %
2000 - 2014	1.1 %	0.5 %	0.1 %	98.3 %

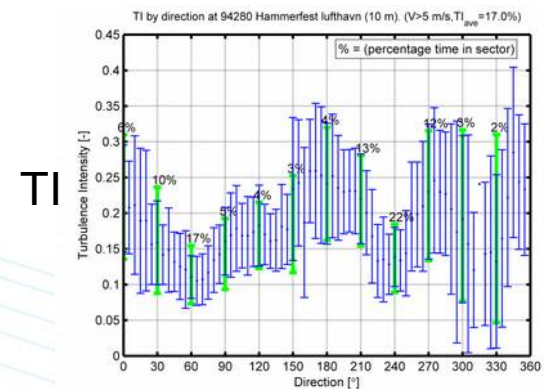
Tabell S-1: Samlet værmessig tilgjengelighet ved ulike krav om minima ved bruk av beste bane når krav om sidevindkomponent er < 13 knop i perioden 1. november - 31. mars og største tillatte medvindskomponent er 10 knop. Tabellen er gitt for tre flygningskategorier (cat A, B og C) og tre stigningsforhold ved innflygningsbanene (2.5 til 4 %) med tilhørende minima for vertikal sikt i fot og minste meteorologisk sikt (MOR) på 500 m.

Beste bane:	Minima (Bane 15/Bane 33)	Værmessig tilgjengelighet				
	CAT A	CAT B	CAT C	CAT A	CAT B	CAT C
2.50 %	850/1050	860/1060	870/1070	95.52 %	95.47 %	95.43 %
3.00 %	630/840	640/850	650/860	96.30 %	96.28 %	96.24 %
4.00 %	330/460	340/470	350/480	96.86 %	96.86 %	96.81 %

Hammerfest - flyplass (nåværende)



9428 – Hammerfest flyplass (2000 – 2014)

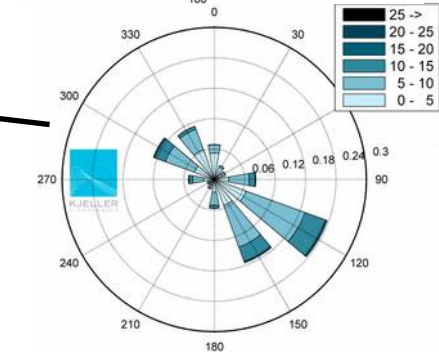
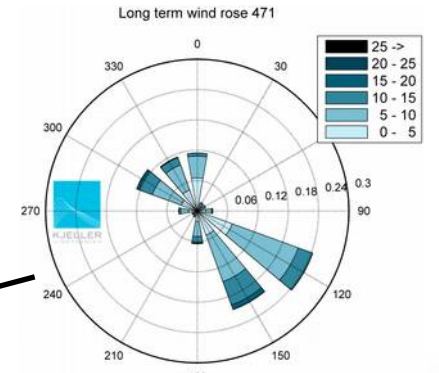


TI

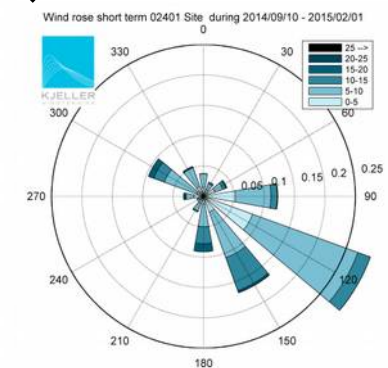
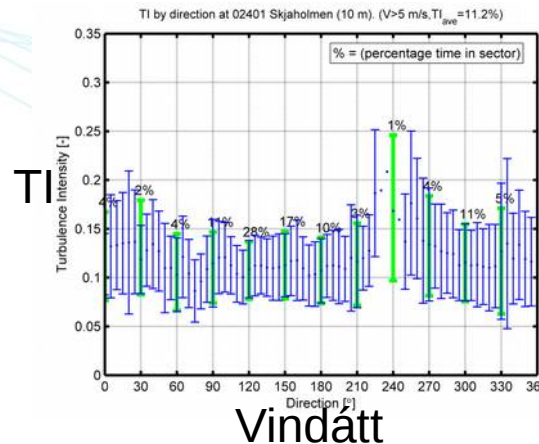
Vindått

TI = Turbulence intensity (styrkur kviku)

Hammerfest - Grøtneset Mögulegur nýr flugvöllur

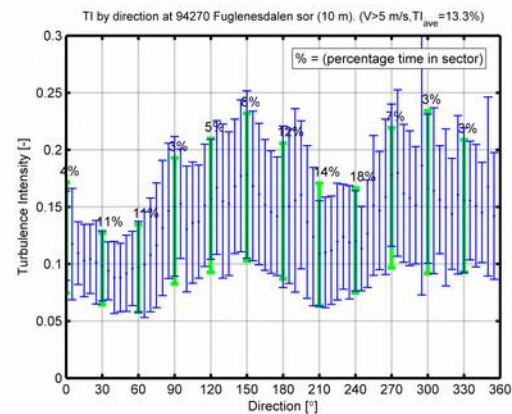
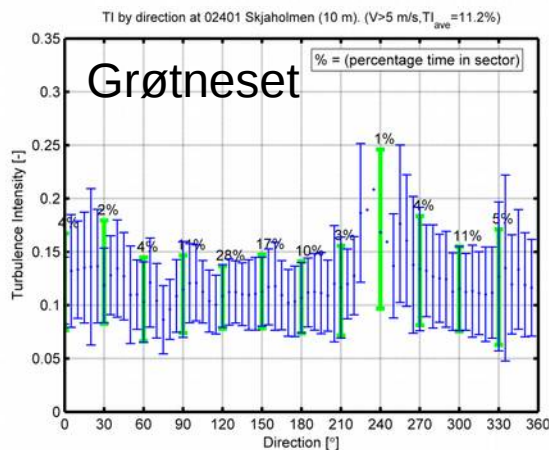
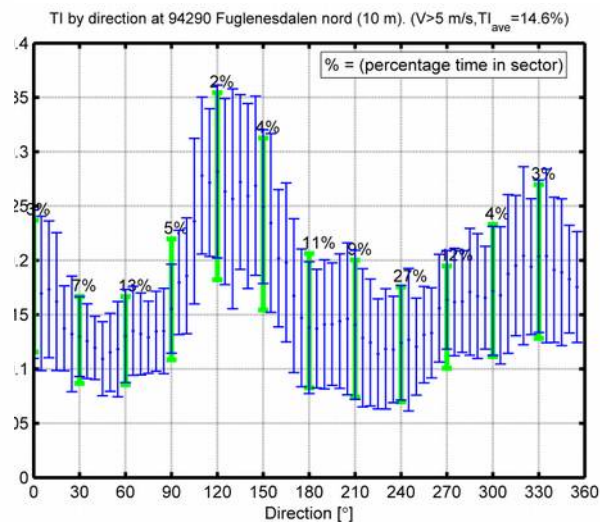
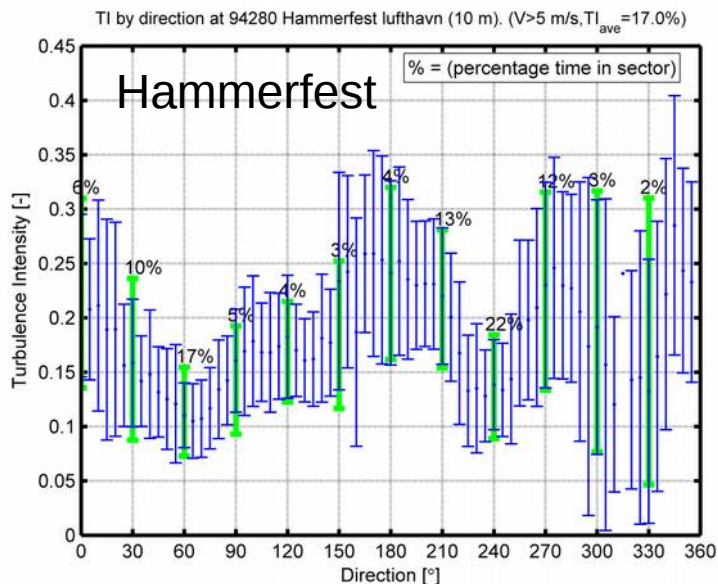


Vindrósir byggðar á stuttum mæliröðum leiðréttum að langtíma meðaltali fengnu úr t.d. líkanreikningum fyrir 1979-2017.



Vindátt

Hammerfest - flyplassalternativer



Turbulens - noen definisjoner og sammenhenger

Turbulensintensitet defineres ofte som skalert turbulent hastighet. Den er statistisk forbundet med kastfaktor (Harstveit (1995))

$$I_u = \frac{\sigma_u}{U_{10\min}} \approx \frac{Gf_{3sek} - 1}{2.6} = \frac{\frac{U_{3sek}}{2.6} - 1}{2.6}$$

$$\Rightarrow \sigma_u = \frac{U_{3sek} - U_{10\min}}{2.6}$$

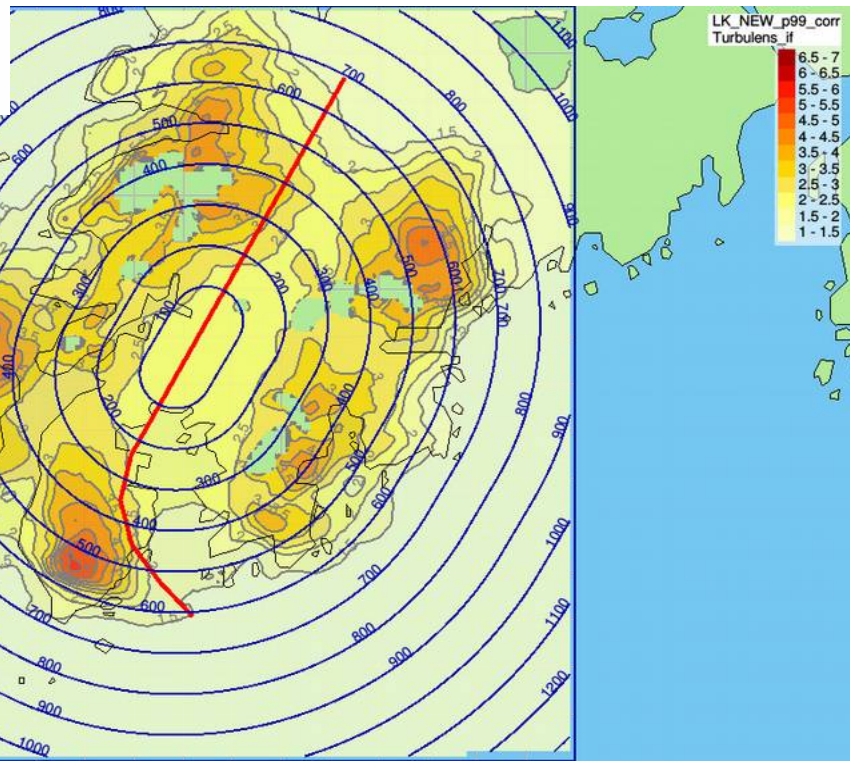
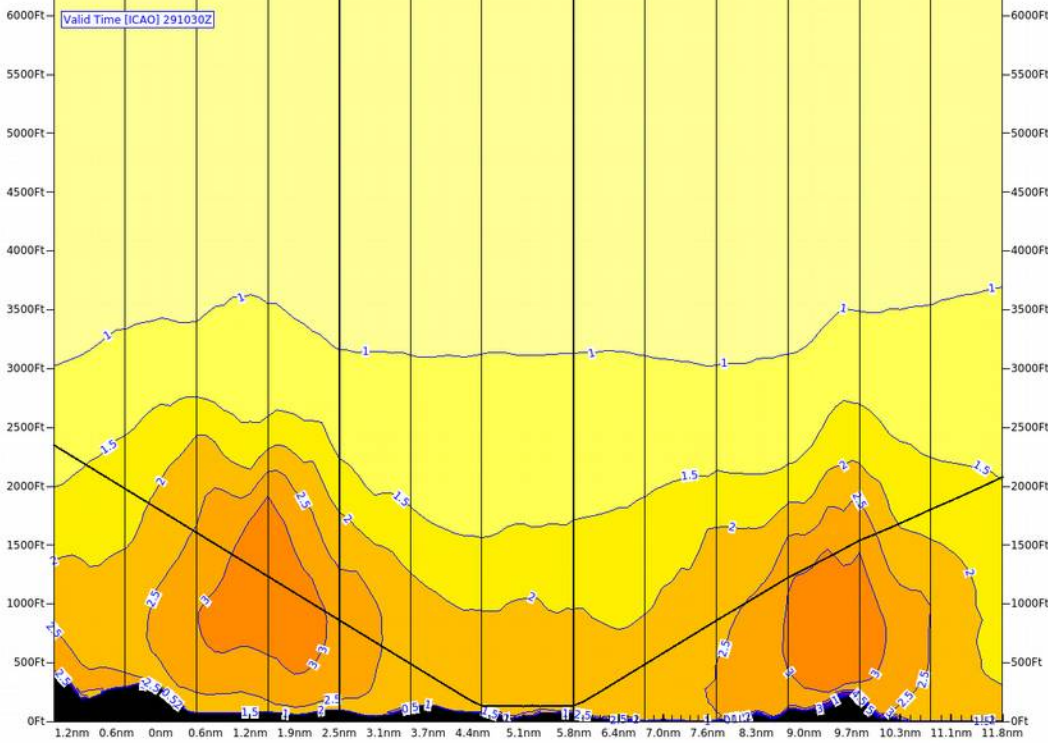
$$\Rightarrow U_T = \sqrt{Ke} = \sqrt{\frac{3}{2}} \sigma_u = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{(U_{3sek} - U_{10\min})}{2.6} \approx 0.47 \cdot (U_{3sek} - U_{10\min})$$

Forskjellen på maksimalt vindkast og middelvinden er proporsjonalt med standardavviket og turbulent hastighet

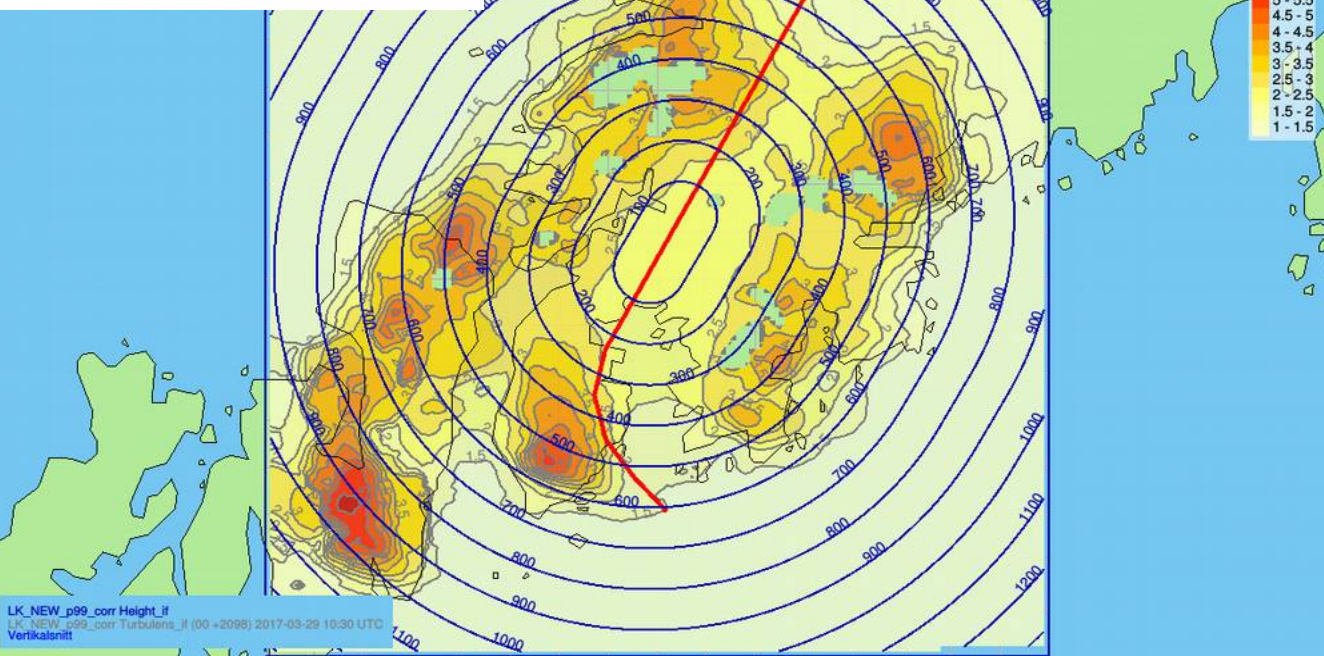
=>

Líkanreikningar í
mjög hárrí upplausn.
CFD, 100-200 m
reiknimöskva.

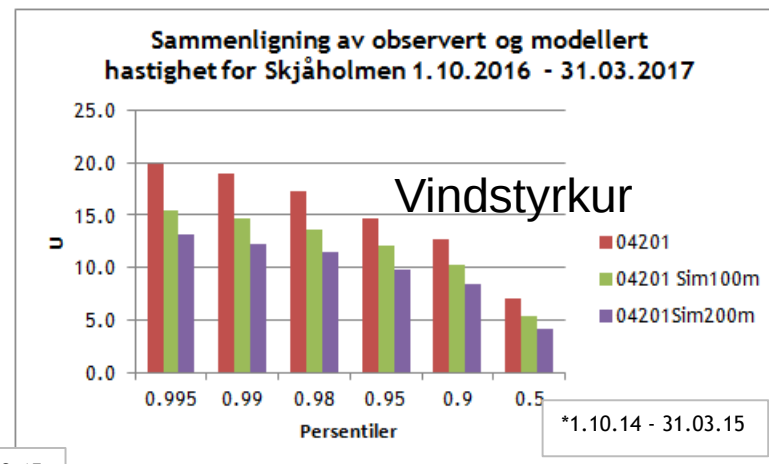
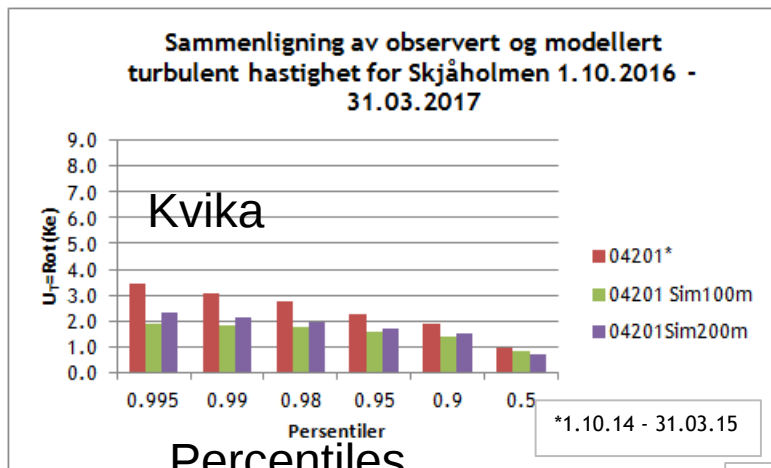
Dæmi um
hermda
kvikuorku úr
líkani



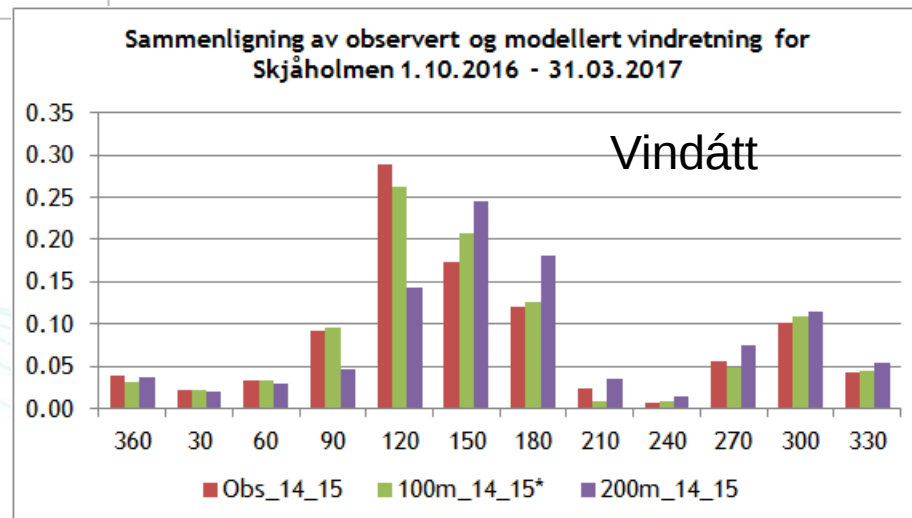
KJELLER
VINDTEKNIKK



Simulert og observert vind på Skjåholmen for valgte percentiler



*1.10.14 - 31.03.15

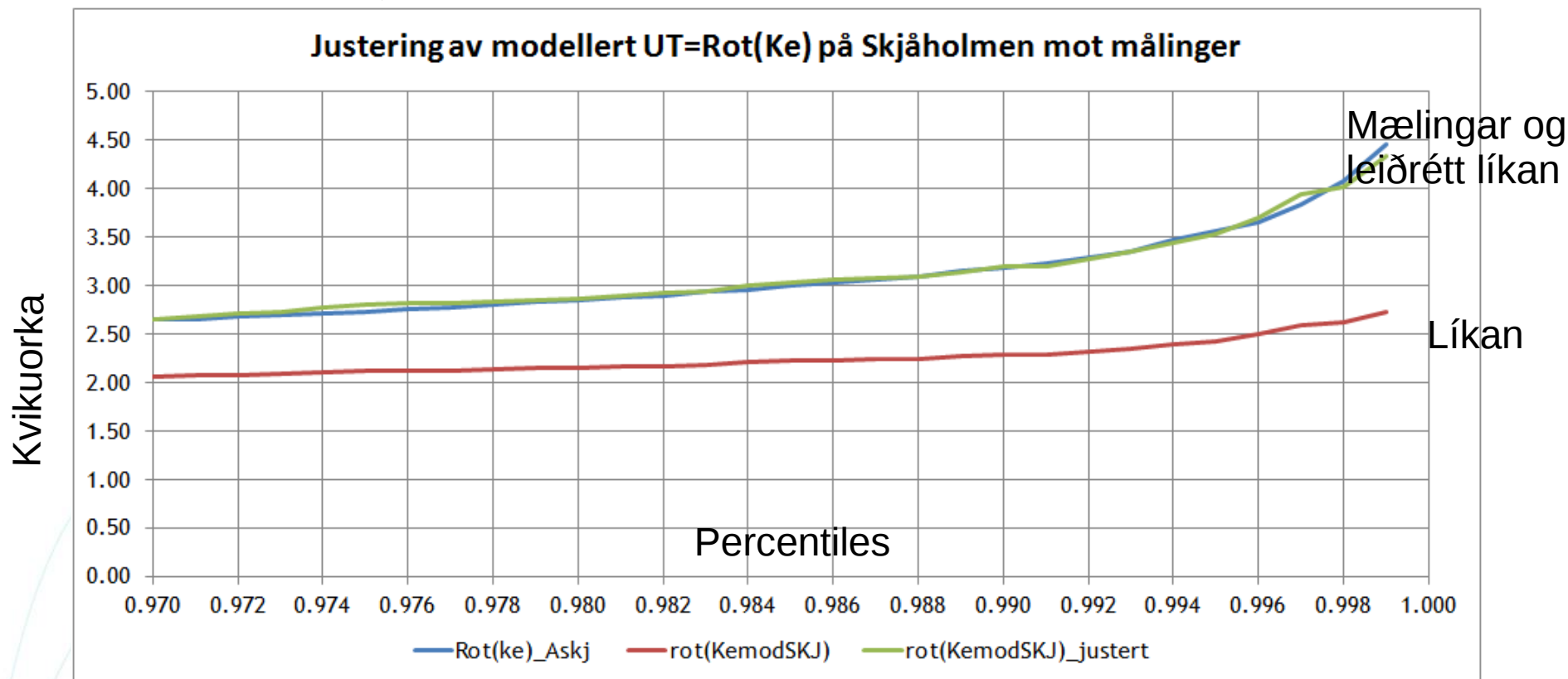


* 100m beregnet utfra 100m i 16_17, 200m i 14_15 og 16_17

Rautt målingar, grønt/blått líkanreikningar

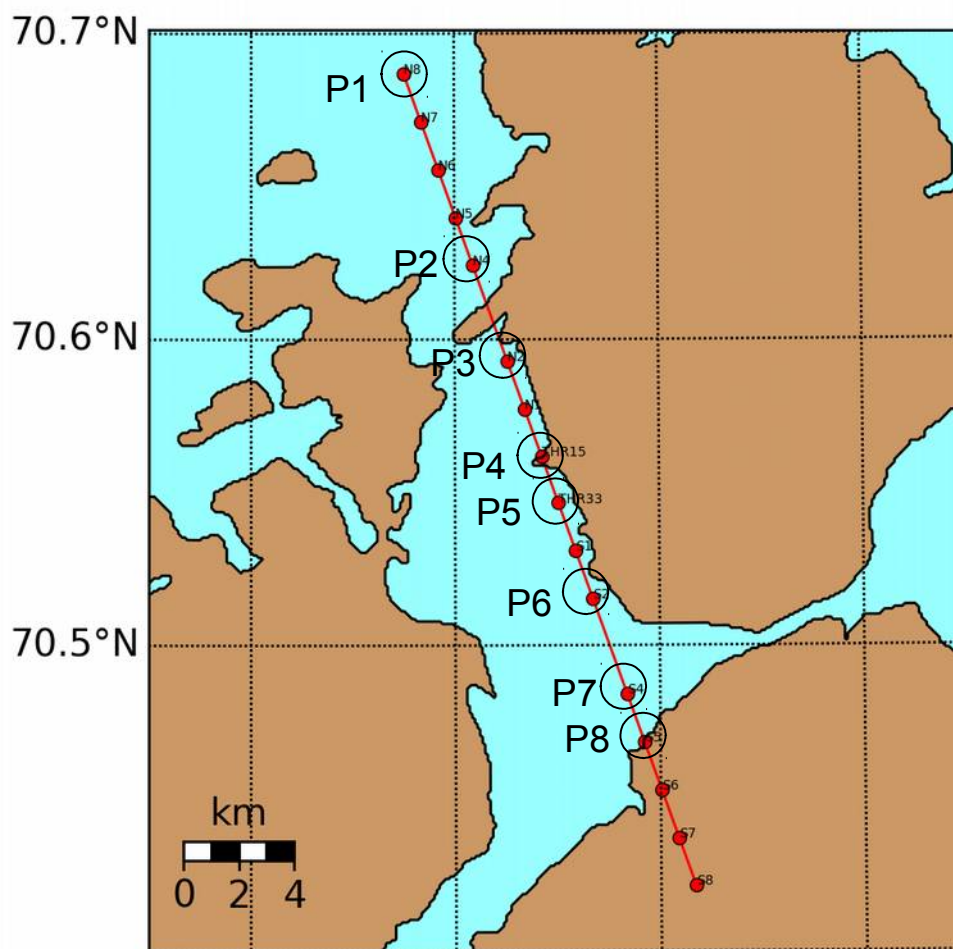


Justering av modellert turbulens i glidebanenivå (194 moh) i P3, 2 nautiske mil nord for Bane 15



Figur viser persentilverdier av samtidige data for $U_T = \text{Rot}(K_e)$ for 2014/15 fra målinger på Skjåholmen og modelldata fra Bane 33. Grønn linje optimaliserer a og b: $aU_T + bU_T^2 = 0.399U_{T\text{mod}} + 0.434U_{T\text{mod}}^2$. Optimalisering gjøres på persentiler fra 0.950 til 0.999 i skritt på 0.001.

Uttak av data
8,4,2,0,0,2,4,6 nautiske
mil fra nordlig og sørlig
touch - down, i glidebane.



Punkt	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Nautiske mil	8	4	2	0	0	2	4	5
Bane	150	150	150	150	330	330	330	330
Banevinkel [°]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5
H [m]	776	388	194	22	10	227	453	566
H [Ft]	2547	1274	637	42	30	743	1487	1858

Persentilverdier av turbulent kinetisk energi, $TKE=Rot(Ke)=U_T$ i uttakspunktene

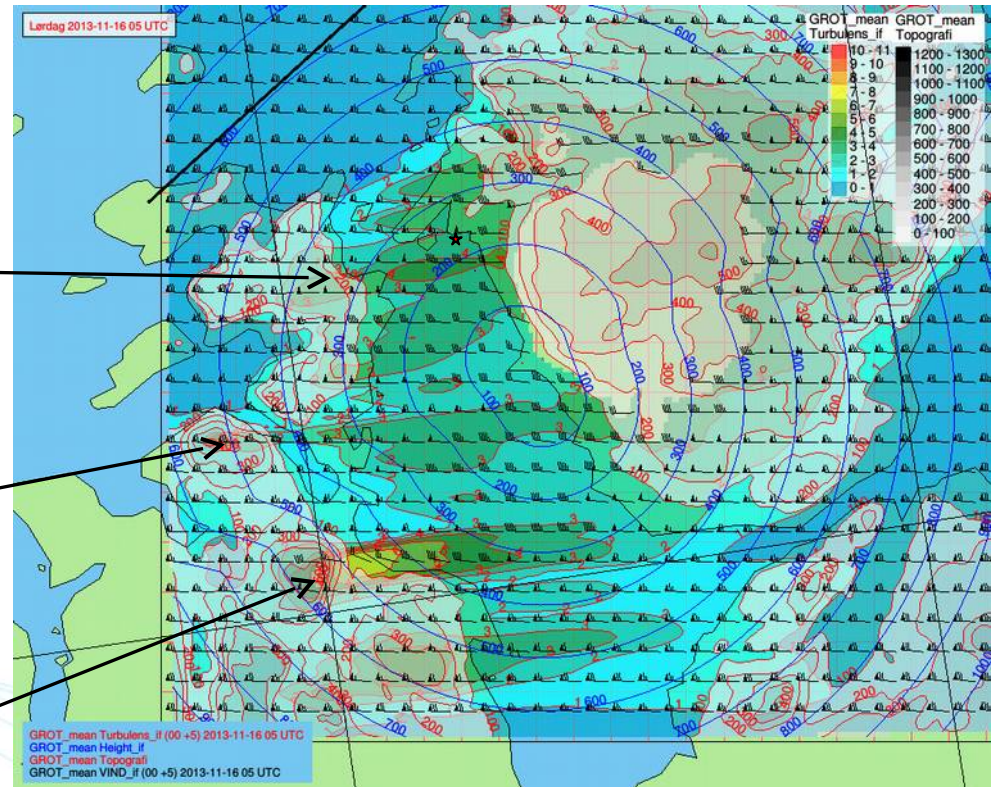
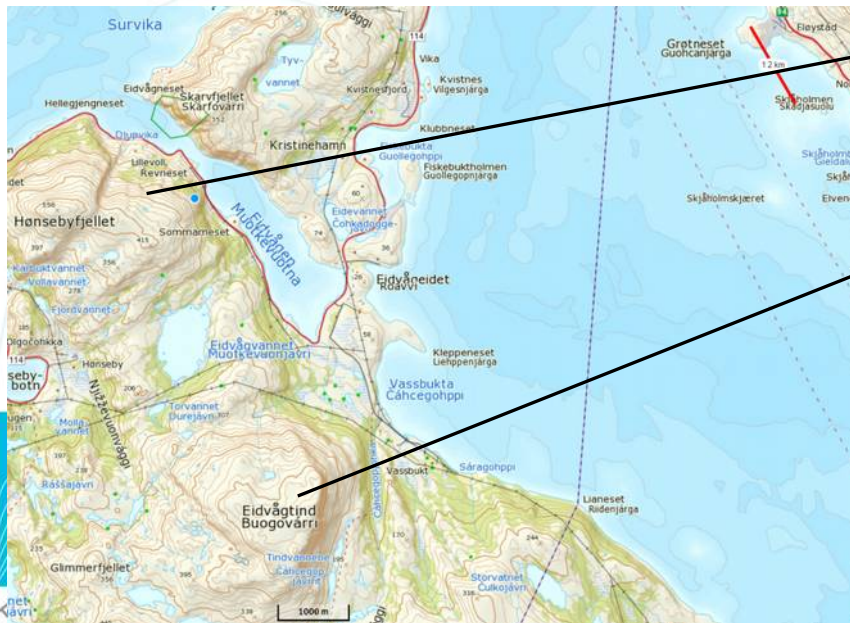
Punktur i aðflugi

Kvikuorka
(percentiles)

TKE_int	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
0.999	1.70	2.50	3.04	2.74	2.65	2.89	2.50	2.30
0.995	1.34	1.98	2.58	2.39	2.30	2.29	1.95	1.74
0.99	1.18	1.76	2.33	2.25	2.14	2.01	1.73	1.56
0.98	0.99	1.49	2.10	2.05	1.95	1.74	1.47	1.38
0.95	0.76	1.11	1.74	1.76	1.68	1.40	1.18	1.10
0.9	0.60	0.85	1.43	1.48	1.42	1.14	0.91	0.86
0.5	0.20	0.32	0.66	0.77	0.70	0.46	0.33	0.28

P8 ligger 5 nautiske mil sør for bane 33.
Gunstig fordi det ligger på havnivå rett nord
for fjellene. (8 nm kan ikke tas ut pga
begrensninger i domeneområdet.)

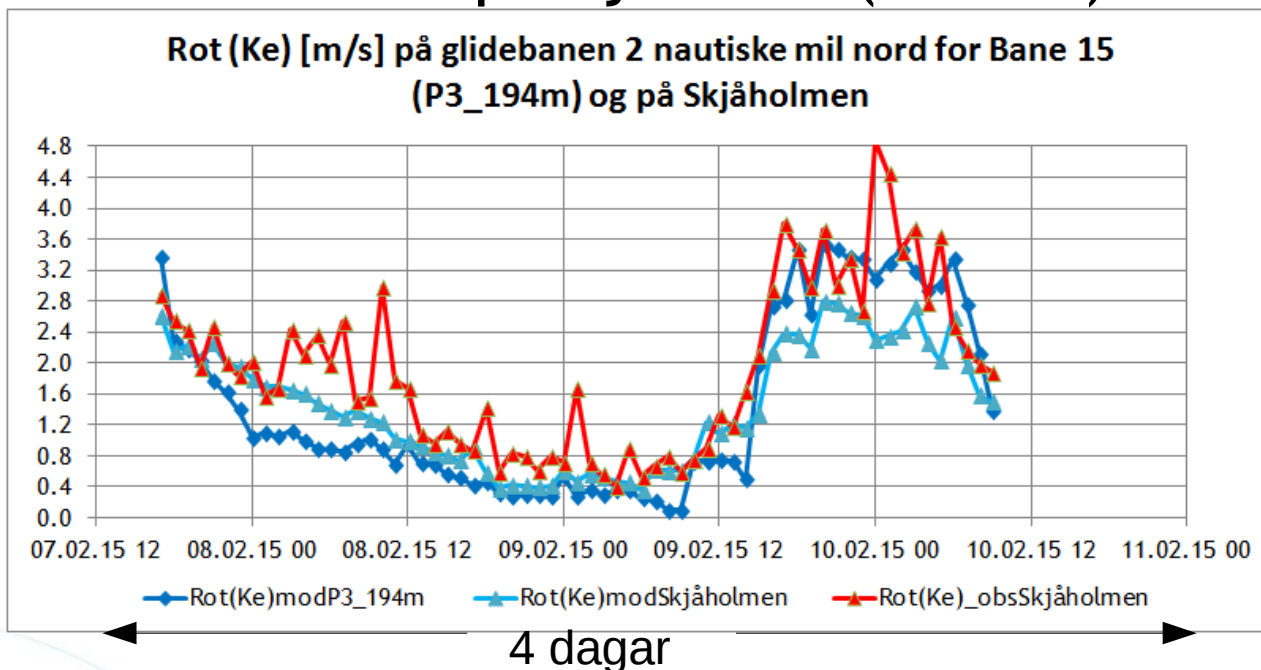
Illustrasjon av bratte fjellpartier vest for rullebanen med fokus på høy modellert TKE.



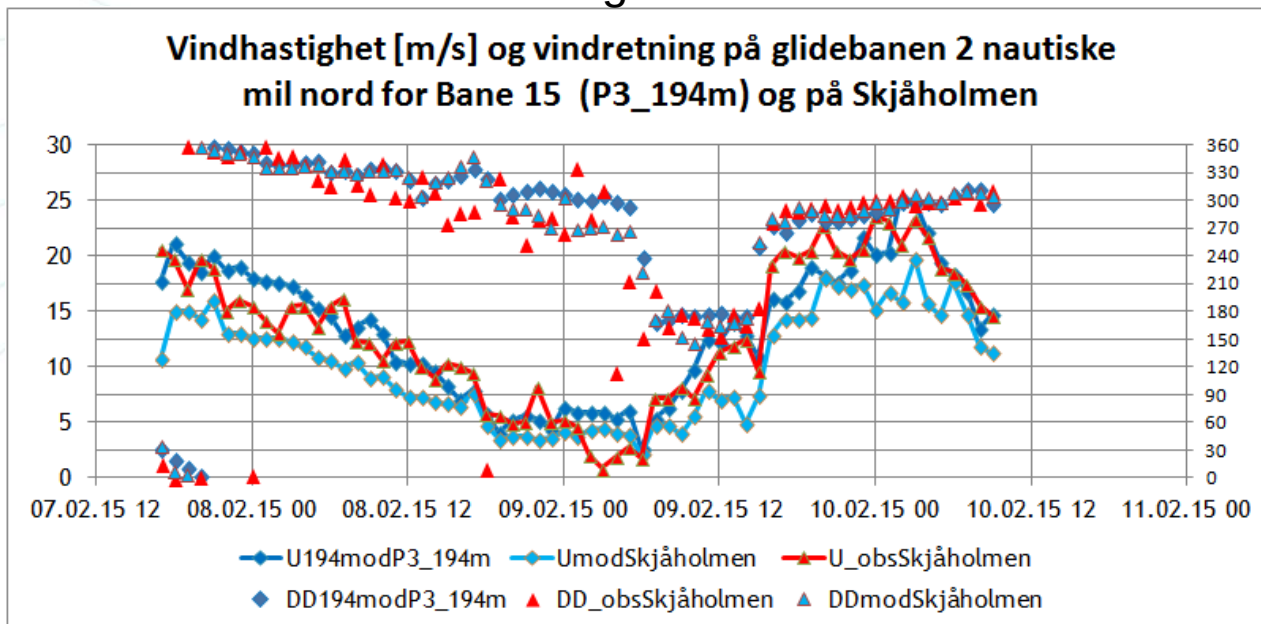
Plott av episode med størst modellert TKE

Episode med høyest TKE på glidebanen, p.3 i vintersesongen det er data på Skjåholmen (2014/15)

Kvikuorka



Vindått og -hraði



Relativ sektorvis fordeling av sterk vind og lett, moderat og sterk turbulens i glidebanen 2 nautiske mil nord for bane 15 basert på justerte modelldata

Vindhastighet

TKE

	ALLe	>6	>15	>24
360	4.7 %	5.1 %	3.4 %	0.0 %
30	3.0 %	2.7 %	2.0 %	0.0 %
60	2.2 %	2.0 %	1.8 %	0.0 %
90	2.0 %	2.0 %	1.6 %	0.0 %
120	3.1 %	3.6 %	2.6 %	4.8 %
150	8.0 %	8.4 %	13.7 %	52.4 %
180	40.5 %	43.4 %	38.5 %	4.8 %
210	7.5 %	3.5 %	2.3 %	0.0 %
240	5.6 %	2.7 %	2.2 %	0.0 %
270	10.4 %	12.1 %	12.4 %	0.0 %
300	7.8 %	8.8 %	11.2 %	33.3 %
330	5.4 %	5.7 %	8.4 %	4.8 %

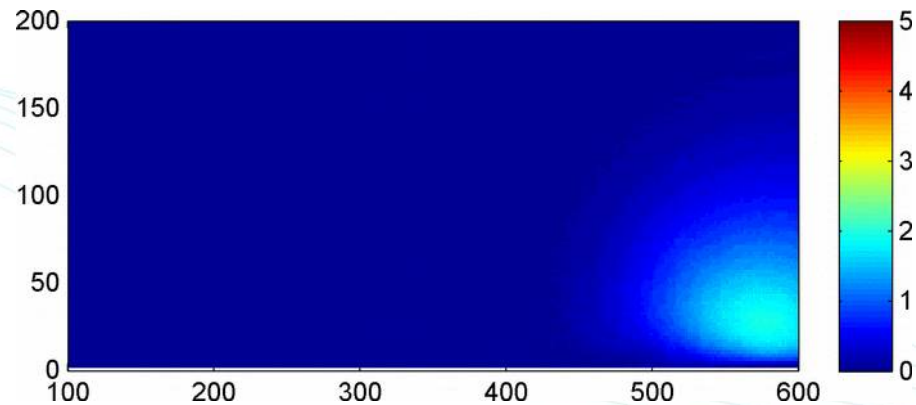
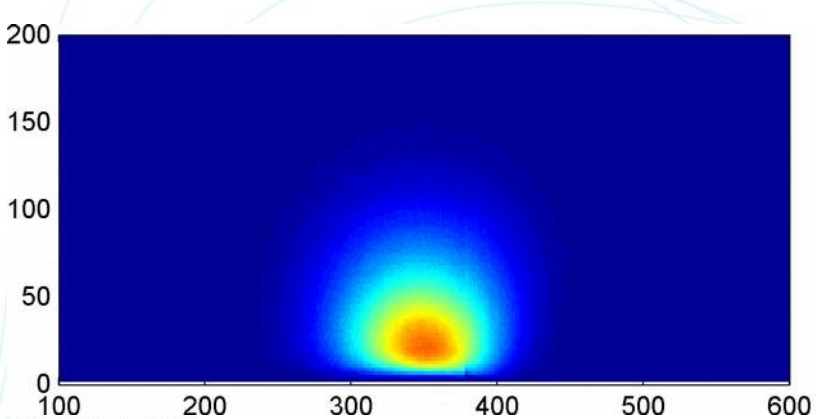
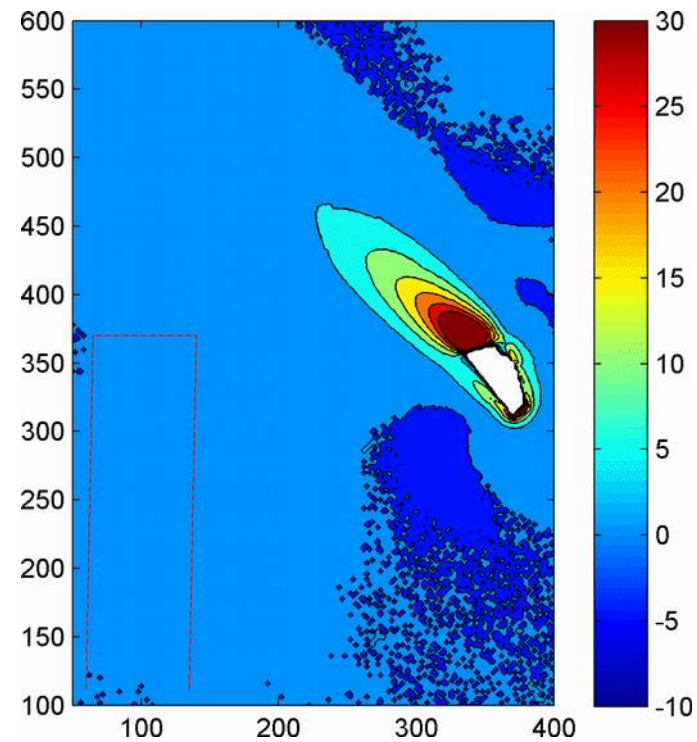
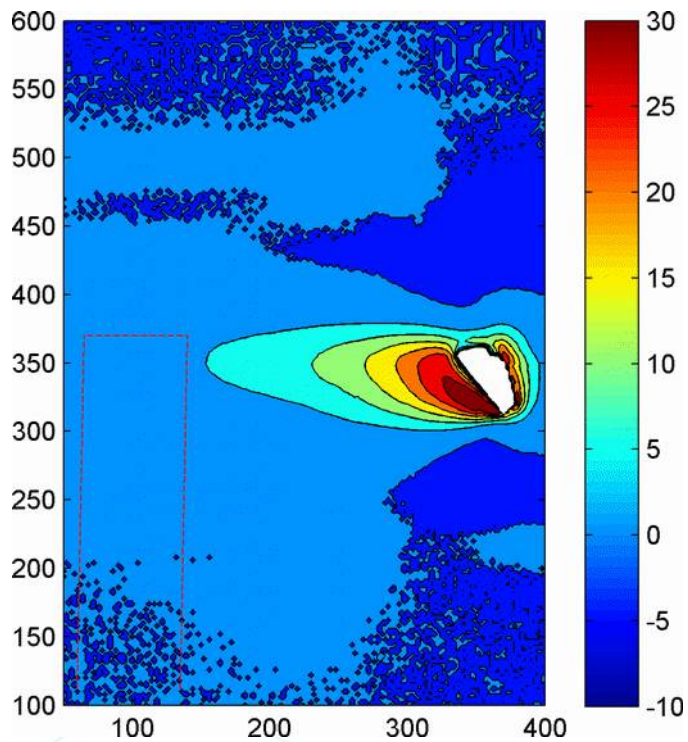
	ALLE	$U_T > 2.5$	$U_T > 2.7$	$U_T > 3.5$
360	4.7 %	1.1 %	1.1 %	0.0 %
30	3.0 %	1.5 %	1.6 %	1.7 %
60	2.2 %	1.5 %	1.1 %	1.2 %
90	2.0 %	0.7 %	0.5 %	0.0 %
120	3.1 %	5.0 %	5.3 %	5.8 %
150	8.0 %	6.3 %	6.1 %	4.1 %
180	40.5 %	20.6 %	18.7 %	10.5 %
210	7.5 %	3.9 %	3.5 %	2.3 %
240	5.6 %	17.8 %	18.4 %	24.4 %
270	10.4 %	31.5 %	32.5 %	36.0 %
300	7.8 %	9.8 %	10.7 %	14.0 %
330	5.4 %	0.4 %	0.5 %	0.0 %

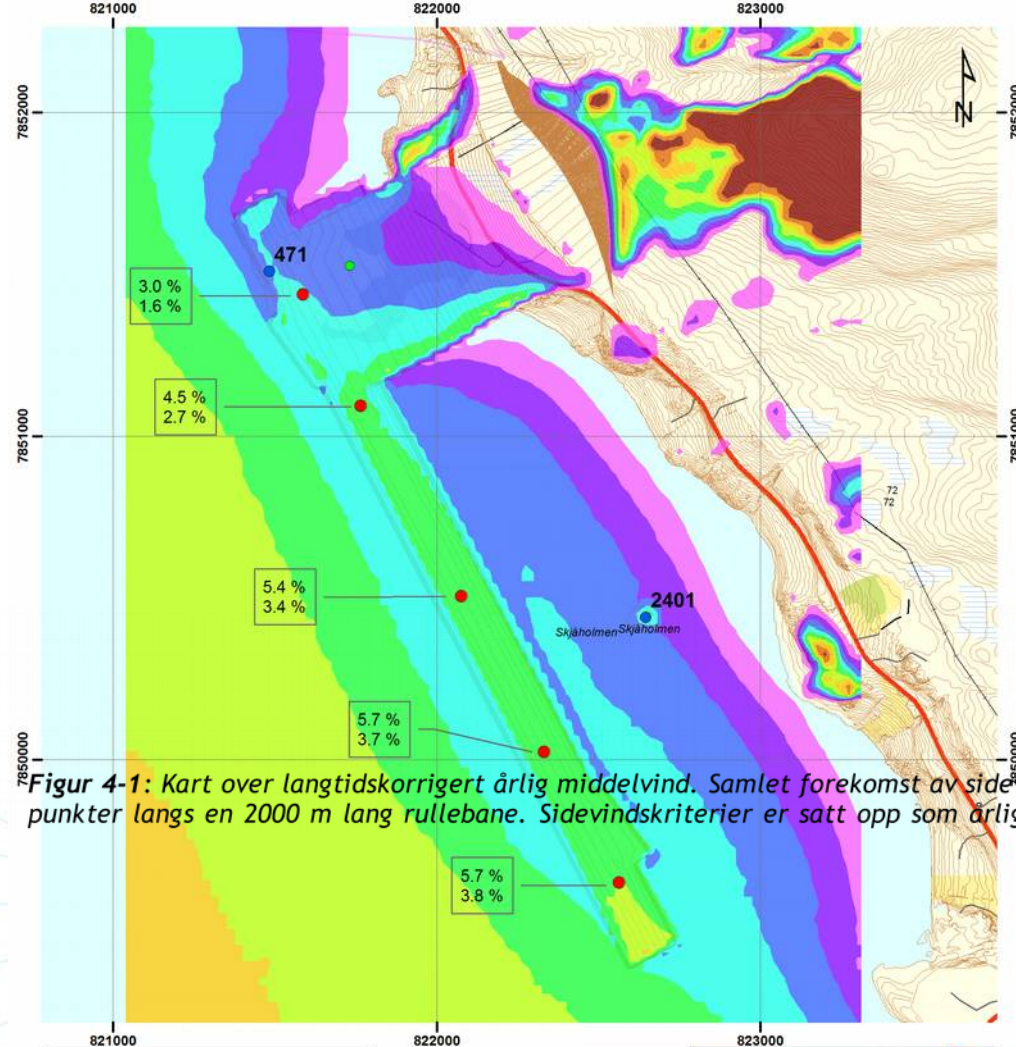
Det er korrelasjon mellom sidevind på rullebanen og turbulens i glidebanen.

Tabell viser prosentvis forekomst i bokser og forholdstall mellom forekomst sidevind og TKE

			Sidevind	
		ALLE	>15 knop	>20 knop
	>2.5	5.59 %	2.80 %	1.72 %
	>2.7	4.52 %	2.23 %	1.47 %
Just TKE	>3.5	2.40 %	1.47 %	1.10 %
	>2.5		0.50	0.31
	>2.7		0.49	0.33
	>3.5		0.61	0.46

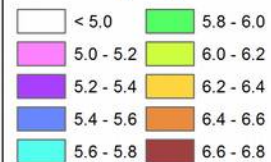
Konklusjon: Sterk turbulens i glidebanen er knyttet til sterksidevind i 46 og 61 prosent av tilfellene, avhengig av 20 eller 15 knops grense





Figur 4-1: Kart over langtidskorrigert årlig middelvind. Samlet forekomst av sidevind pr. år e punkter langs en 2000 m lang rullebane. Sidevindskriterier er satt opp som årlig forekomst

Vindhastighet 10 m.o.b [m/s]



- Målemaster
- Sikt- og skyhøydemålinger
- Beregningspunkt

0 0.15 0.3 0.6 km

Hammerfest flyplass

Figure/Drawing Title: Vindkart 2000m rullebane og sidevind		
File Name: hammerfest flyplass	Checked: KH	Rev: 0
By: TFW	Date: 11/11/2015	Date: 11/11/2015
Scale: 1:15 000	Paper Size: A4	
Datum: 10/01/2014	Projection: UTM33	



KJELLER
VINDTEKNIKK

