

Brukerdokumentasjon

ISY Design Allmenne Laster

Norconsult Digital

Norconsult Digital AS

Kjørboveien 16
1337 SANDVIKA

Sentralbord: 67 57 15 00

Brukerstøtte: 02467

E-post: isydesign@norconsultdigital.no

Hjemmeside: <https://norconsultdigital.no>

© Copyright 2012-2026 Norconsult Digital AS

Merk!

Innholdet i dette dokumentet kan endres uten forutgående varsel.

Norconsult Digital har ikke ansvar for feil som måtte forekomme i denne brukerdokumentasjonen.

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	i
Introduksjon	4
Funksjon.....	4
Lisensmodell	4
Installasjon og lisensiering.....	4
Support	5
Brukerveiledninger	5
Brukergrensesnitt	6
Verktøylinje.....	6
Fil.....	6
Hjemme	6
Utseende.....	6
Navigasjonsmeny	6
Meldingsliste.....	6
Praktisk bruk	8
Snølaster	8
Modellering.....	8
Tips og triks.....	9
Vindlaster.....	10
Modellering.....	10
Tips og triks.....	12
Kart.....	14
Byggestedets plassering.....	15
Visningstype.....	15
Vindretninger	16
Teorigrunnlag Snølaster	17
Generelt.....	17
Beregninger.....	17
Antagelser og begrensninger.....	17
Snølast på mark (EC1-1-3: 4).....	18
Norsk tillegg	18
Andre returperioder enn 50 år (EC1-1-3: Tillegg D)	18
Snølast på tak (EC1-1-3: 5.2).....	19
Eksposering	20

Varmegjennomgang på tak	20
Formfaktorer for tak (EC1-1-3: 5.3).....	21
Pulttak (EC1-1-3: 5.3.2)	22
Saltak (EC1-1-3: 5.3.3)	22
Sagtak (EC1-1-3: 5.3.4)	22
Buetak (EC1-1-3: 5.3.5).....	23
Tak nært høyere byggverk (EC1-1-3: 5.3.6).....	24
Lokale virkninger (EC1-1-3: 6)	26
Hindringer (EC1-1-3: 6.2).....	26
Snø over kant av tak (EC1-1-3: 6.3)	27
Snøfangere (EC1-1-3: 6.4)	28
Teorigrunnlag Vindlaster	29
Generelt.....	29
Beregninger	29
Antagelser og kontroller.....	29
Geografi	30
Vindretning og vindsektor	30
Vindhastighet (EC1-1-4: 4)	31
Referansevindhastighet	32
Basisvindhastighet.....	32
Middelvindhastighet	34
Vindkasthastighet.....	42
Vindhastighetstrykk (EC1-1-4: 4.5).....	44
Formfaktorer for bygninger (EC1-1-4: 7.2).....	44
Utvendig vindtrykk	45
Innvendig vindtrykk.....	50
Resulterende formfaktorer	52
Frittstående tak (EC1-1-4: 7.3)	53
Frittstående vegger (EC1-1-4: 7.4)	55
Kraftfaktorer.....	56
Konstruksjonsdeler.....	56
Spesielle konstruksjoner	58
Generelle konstruksjoner	60
Reynolds-tall (EC1-1-4: 7.9.1).....	60
Endeeffektfaktor (EC1-1-4: 7.13)	60
Konstruksjonsfaktoren (EC1-1-4: 6)	62
Referansehøyde	63
Turbulenslengdeskala.....	64
Spektral tetthetsfunksjon.....	64

Bakgrunnsfaktor.....	65
Responsfaktor	65
Toppfaktor	67
Vindpåvirkninger (EC1-1-4: 5).....	67
Vindtrykk på overflater (EC1-1-4: 5.2)	68
Vindkrefter (EC1-1-4: 5.3).....	68

Introduksjon

Funksjon

ISY Design Allmenne Laster er et verktøy for beregning av snø- og vindlaster på bygninger og andre konstruksjonstyper. Under er en skisse av nøkkelfunksjonaliteten.

- ▶ Snølaster
 - Bygninger med pulttak, saltak, sagtak eller buetak.
 - Tak som grenser til høyere byggverk.
 - Snølast på snøfangere.
 - Snø som henger over kanten av taket.
 - Snødriver ved hindringer.
 - Beregning av termisk koeffisient.
- ▶ Vindlaster
 - Utvendig og innvendig vindtrykk på bygninger med formfaktorer.
 - Vindtrykk på frittstående vegg med resulterende formfaktorer.
 - Vindtrykk og -kraft på frittstående tak med resulterende formfaktorer og kraftfaktorer.
 - Vindkraft på konstruksjonsdeler, fagverk, skilt, flagg, etc.
 - Varierende referansehøyde på fasader.
 - Beregning av konstruksjonsfaktor.
- ▶ Kart for stedsangivelse
 - Bestem sted (kommune) for ditt byggested med et klikk i kartet.
 - Automatisk angivelse av høyde over havet.
- ▶ Grafisk visning av resultater.
- ▶ Utskrift av rapport med oppsummering av modellen og presentasjon av beregningsresultatene.

Lisensmodell

ISY Design finnes i to versjoner – Standard og Enterprise. Modulen Allmenne Laster er kun tilgjengelig i Standard. Lisensen gir tilgang til både snø- og vindlastberegninger.

Installasjon og lisensiering

ISY Design bruker et lisenssystem som kommer fra FLEXERA. Dette installeres sammen med programmet. Det finnes også et eget program (ISY License) som gir en fullstendig oversikt over alle program fra Norconsult Digital som bruker samme lisenssystem. Dette krever egen installasjon, men er ikke påkrevd for å bruke ISY Design. Se veiledning for installasjon av lisenssystemet på våre hjemmesider.

Enbrukerlisens

Lisens for installasjon på lokal PC og fast knyttet til denne. Lisensen kan også knyttes til en fysisk dongle for dem som har behov for å flytte den mellom flere maskiner.

Flerbrukerlisens

Lisens for installasjon på server slik at flere kan bruke programmet. Lisensserver kontrollerer antall samtidige brukere.

Support

Norconsult Digital AS har egen supporttjeneste hvor du som kunde får den hjelp du trenger der og da. Ring oss, eller ta kontakt via e-post.

Brukerstøtte: 02467

E-post: isydesign@norconsultdigital.no

Hjemmeside: <https://norconsultdigital.no>

Fra våre nettsider er det mulig å laste ned nye versjoner av programmet.

Det er ofte lettere å hjelpe deg dersom du sender en e-post med det dokumentet/filen du har spørsmål om. Dersom det er viktig å få svar raskt anbefaler vi at du ringer i tillegg. Vi har også fjernstyringsverktøy så vi kan se din skjerm, eller du ser vår skjerm.

For å styrke vår supporttjeneste ytterligere har vi investert i et felles supportsystem som skal forbedre vår dialog med dere i forbindelse med brukerstøtten. Som kunde kan du fortsatt benytte telefon og e-post, men den nye løsningen gir oss og dere en rekke nye muligheter for strukturert oppfølging av hver kunde og hver enkelt sak.

Supporttjenesten er tilrettelagt med en portal med "din-side", der du kan registrere deg som bruker, melde inn saker og følge opp status på dine egne saker. I tillegg inneholder portalen en egen side med tilgang til spørsmål og svar innen ulike tema. Du kan registrere deg som bruker ved å logge inn på våre supportsider på våre hjemmesider. Bruk gjerne lenken i programmet.

Bruerveiledninger

ISY Design består av en rekke moduler. Relevant informasjon for Allmenne Laster finnes også i følgende veiledninger:

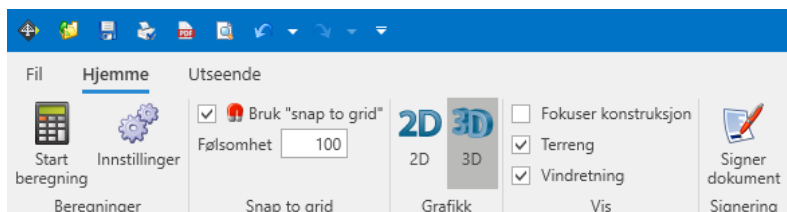
- ▶ Brukermanual ISY Design Generelt;

Brukergrensesnitt

Vi innleder med å beskrive et begrenset utvalg av detaljer fra programmet. For en mer utfyllende liste henviser vi til "Brukermanual ISY Design Generelt".

Verktøylinje

Denne har tre flikler - Fil, Hjemme og Utseende. I tillegg finnes noen hurtigvalg øverst i skjermbildet.



Fil

Her finner vi de vanlige menyene for dokumenthåndtering og utskrift. I tillegg er lisensinformasjon, dokumentinnstillinger og firmainformasjon plassert her.

Hjemme

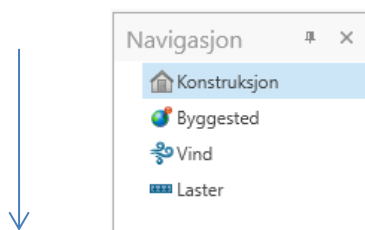
Her vises alle muligheter du har for å legge inn og endre data. Innholdet varierer, slik at det er tilpasset hva som vises i skjermbildet. Merk at i gruppen for beregninger ligger knappen «Innstillinger» som gir deg muligheten å editere beregningsinnstillinger.

Utseende

Her kan du påvirke hva som vises og hvordan det blir vist.

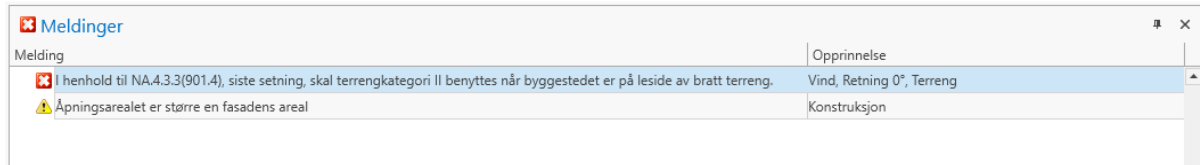
Navigasjonsmeny

Navigasjonsmenyen (se figuren under) gir tilgang til hele modellen og alle beregningsresultatene. Det er lagt opp til at du skal kunne følge denne fra toppen og nedover. Merk at navigasjonsmenyen kan avvike fra figuren under avhengig av hvilken modul man benytter og valg som er gjort i dokumentet.



Meldingsliste

Skulle det vise seg at modellen ikke oppfyller alle krav, eller du har lagt inn ugyldige data, vises det i *meldingslisten* (se figur). Alle feil, advarsler og informasjonsmeldinger havner her. Det samme gjelder for valideringer som feiler.



For å gi bedre oversikt er meldinger som kommer frem flere ganger samlet i en node, som kan åpnes på samme måte som mapper i Windows Explorer. Her vises også utdypende informasjon om årsaken til meldingen. I de fleste tilfeller vil du også kunne dobbeltklikke på meldingen slik at du får vist det vindu hvor meldingen oppsto.

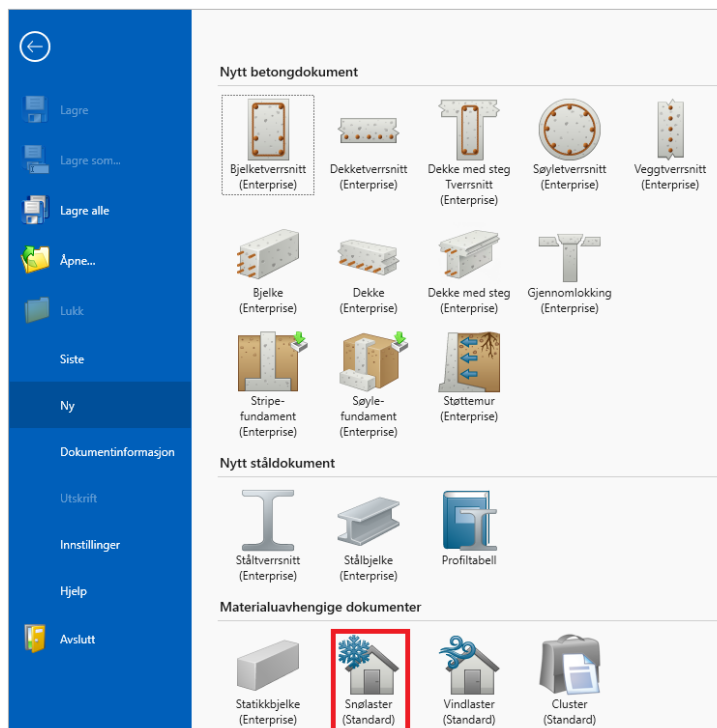
Praktisk bruk

Her gjennomgås noen typiske brukstilfeller. For hvert steg beskrives et utvalg av muligheter i programmet. Eksempelene dekker ikke alt, men de skal være tilstrekkelige til at du forstår resten selv. Merk at detaljene i skjermutklippene kan avvike noe fra det du ser i programmet.

Snølaster

Modellering

1. Opprett et nytt Snølaster dokument, som vist i figuren.



2. Legg inn geometridata.

- ▶ Velg type konstruksjon.
- ▶ Velg taktype dersom relevant.
- ▶ Angi geometrien til din konstruksjon.
- ▶ Legg inn snøfangere dersom relevant.
- ▶ Merk at du kan editere de geometriske verdiene direkte i grafikkvinduet.

3. Angi byggested og data for snølast.

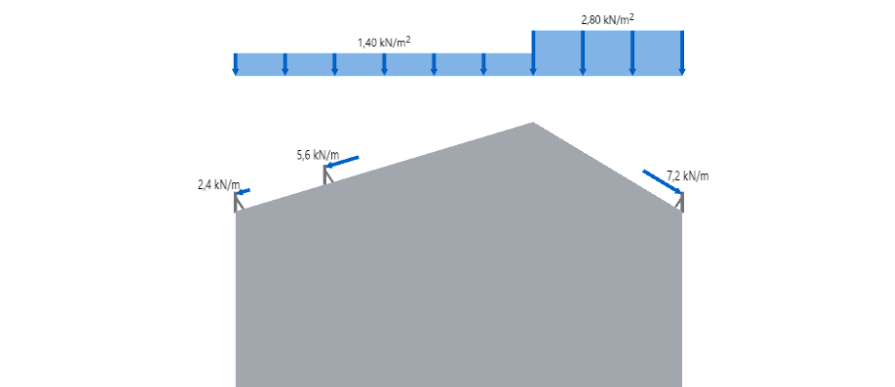
- ▶ Velg plassering av byggested (kommune).
 - Valget kan gjøres direkte i kommunevelgeren, ved å klikke i kartet eller søke etter adresse.
- ▶ Angi byggestedets høyde over havet. Dersom det er valgt plassering i kart, vil programmet automatisk sette denne verdien.
- ▶ Sett data for snøforhold for ditt byggested.

The screenshot shows the software interface with the following sections:

- Byggested:**
 - Kommune: Trondheim
 - Fylke: Sør-Trøndelag
 - Plassering: 7033931, 571284
 - Y_{s,2}: 2,0 kN/m³
 - Y_{s,3}: 3,0 kN/m³
- Snølast på byggested:**
 - H: 103 m
 - H_g: 150 m
 - s₁₀: 3,5 kN/m²
 - Δs_g: 1,0 kN/m²
 - s_{kmaks}: - kN/m²
- Snøforhold:**
 - Eksposering: Normal
 - n: 50 år
 - V: 0,6
 - k: 0,00
 - Beregn termisk faktor
- Snølast:**
 - s_{net}: 3,5 kN/m²
 - s_e: 3,5 kN/m²
 - C_n: 1,00
 - C_e: 1,00
 - C_t: 1,00
- Kart:** A map of Trondheim with a red location pin and a search bar.

4. Laster (resultater)

- ▶ Beregning utføres automatisk når du går til meny-punktet.
- ▶ Lasttilfellene vises i en tabell med de viktigste intensitetene.
 - For mer detaljer kan man se på detaljvisningen på lasttilfellet ved å klikke på pluss-tegnet.
- ▶ Dersom relevant, vises resultater for snøfangere og snø over kant.
- ▶ Detaljer om snølastene vises også i grafikkvisningen.



Tips og triks

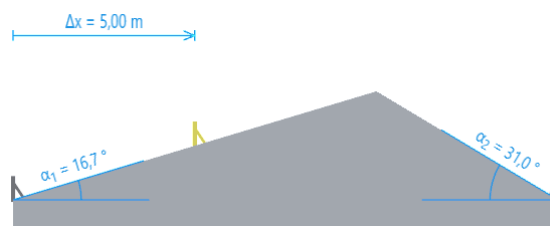
Se også andre brukermanualer for flere tips og triks for hvordan man bruker programmet.

Snøfangere

For bygninger kan man legge inn så mange snøfangere som man måtte ønske. Snøfangeren plasseres i en avstand fra sidekant inn mot mønet. Programmet beregner automatisk plassering vertikalt og den horisontale avstanden til neste snøfanger eller mønet. Start med å velge «Snøfanger», og det vil komme frem en tabell der man legger inn, editerer eller fjerner snøfangere.

Snøfangere					
Side	Δx [m]	b [m]	z [m]	α [°]	
Klikk her for å legge til en ny rad					
Venstre	0,00	5,00	0,00	16,7	▲
Høyre	0,00	5,00	0,00	31,0	
Venstre	5,00	5,00	1,50	16,7	▼

Plassering av snøfangerer kan også editeres grafisk. Velg en snøfanger ved å klikke på en rad i tabellen eller direkte i grafikkvinduet. Der kan du enten dra i selve snøfangeren eller bruke målelinjen som har blitt tilgjengelig for den aktuelle snøfangeren.



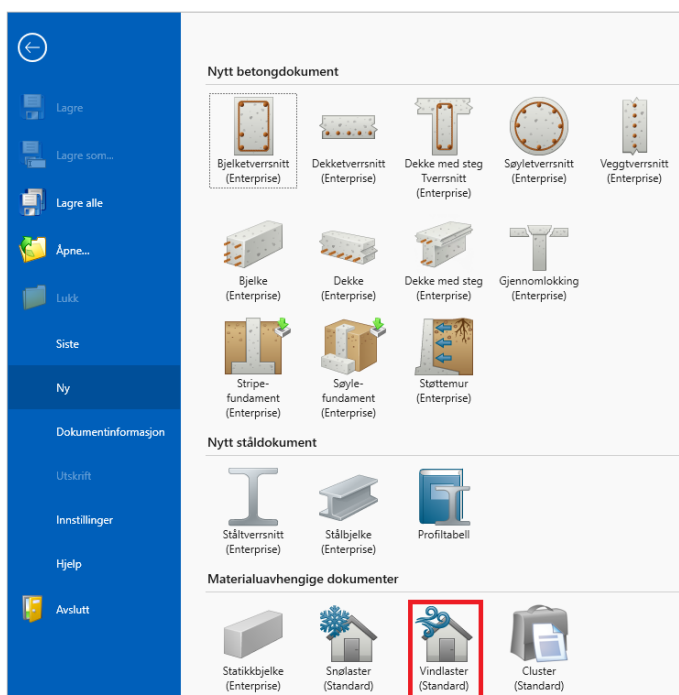
Endring av konstruksjonstype

Modulen Snølaster støtter flere forskjellige typer konstruksjoner. Det er stor forskjell i hvordan programmet håndterer de forskjellige konstruksjonstypene. Ved endring av konstruksjonstype vil det opprettes nye objekter med standard verdier. For at ikke brukervalg skal gå tapt vil det utføres en kopiering av data der dette er relevant. Dersom man ikke ønsker kopiering av geometriske data, så kan man skru av dette under programinnstillinger (Fil – Innstillinger – Standardvalg for lastberegning). Legg også merke til at endring av konstruksjonstype vil automatisk sette rapporttype til Standard.

Vindlaster

Modellering

5. Opprett et nytt Vindlaster dokument, som vist i figuren.



6. Legg inn geometridata.

- ▶ Velg type konstruksjon.
- ▶ Velg taktype dersom relevant.
- ▶ Angi geometrien til din konstruksjon.
- ▶ Bestem endeeffekt og kraftfaktor der relevant.
- ▶ Merk at du kan editere de geometriske verdiene direkte i grafikkvinduet.

7. Angi byggested.

- ▶ Velg plassering av byggested (kommune).
 - Valget kan gjøres direkte i kommunevelgeren, ved å klikke i kartet eller søke etter adresse.
 - Merk at dersom retningsfaktor er relevant, må man også angi region for denne manuelt.
- ▶ Angi byggestedets høyde over havet. Dersom det er valgt plassering i kart, vil programmet automatisk sette denne verdien.
- ▶ Sett data for vindforhold for ditt byggested.

Byggested	Høyde over havet	Kart Søk <input type="text"/>
Kommune <input type="text" value="Trondheim"/>	H <input type="checkbox"/> 106 m	
Fylke <input type="text" value="Sør-Trøndelag"/>	H ₀ <input type="text" value="900"/> m	
Region <input type="text" value="Trøndelag, vest"/>	H _{topp} <input type="text" value="1 500"/> m	
Plassering <input type="text" value="7033808, 571350"/>	Region <input type="text" value="Område 1"/>	
Vindforhold	Basisvindhastighet	
Lufttettethet <input type="text" value="1,25"/> kg/m ³	V _{bidir} <input type="text" value="26,0"/> m/s	
T <input type="text" value="50"/> år	V _{b,0} <input type="checkbox"/> 26,0 m/s	
p <input type="checkbox"/> 0,02	C _{alt} <input type="checkbox"/> 1,00	
<input type="checkbox"/> Reduser for årstidsvariasjon	C _{prob} <input type="checkbox"/> 1,00	
	C _{season} <input type="checkbox"/> 1,00	

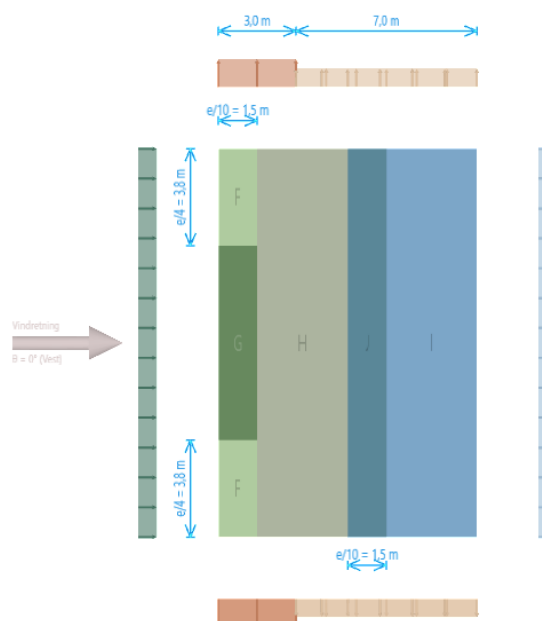
8. Angi data for vindhastighet og vindhastighetstrykk

- ▶ Angi ruhetskategori og eventuell overgangssone.
- ▶ Legg inn terrengform.
- ▶ Bestem konstruksjonsfaktor dersom aktuelt.
- ▶ For bygning kan du velge å regne med én forenklet vind eller fire ortogonale vindretninger.
 - Ved fire vindretninger må du angi vinddata for alle retningene.
 - Hvis du har angitt plassering av byggested på kart, så vil kartet gi veiledning til dine vinddata.

9. Laster (resultater)

- ▶ Beregning utføres automatisk når du går til menypanelet.
- ▶ Dersom det er flere lasttilfeller, kan detaljer sees på ved å velge en av dem i listen til venstre. Man kan også filtrere lasttilfeller med valgene ovenfor.
- ▶ Detaljer om vindtrykk og vindkraft vises også i grafikkvisningen.

- Merk at det er mulig å dobbeltklikke på en sone i grafikken for å få opp ytterligere informasjon om sonen.
- ▶ I verktøylinjen kan man velge hvordan lastene skal vises i grafikken.

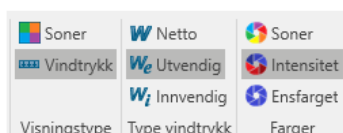


Tips og triks

Se også andre brukermanualer for flere tips og triks for hvordan man bruker programmet.

Type visning av laster og fargevalg

Beregnet vindtrykk gjøres per sone på konstruksjonen. I den grafiske visningen av laster kan man velge om man vil se soneinndelingen eller vindtrykk. For frittstående tak kan man også velge å se resulterende vindkraft. I tillegg kan man velge hvordan sonene eller lastene skal fargelegges. For vindtrykk på bygninger kan man også velge å se på utvendig, innvendig eller netto vindtrykk.



I tabellen over soner ser man at hver sone har en unik farge. Bruk dette fargevalget for å gjøre det tydelig hvilken sone som er hva. Legg merke til at du kan endre standard farge for den enkelte sonen under beregningsinnstillinger.

Farger	
Sone	Farge
A	#FFD08966
B	#FFE3C5A5
C	#FFF5E4D7
D	#FF497A68
E	#FFA1C0D9
F	#FFB4D0A3
F, høy	#FFA5A06D
F, lav	#FFB4D0A3
G	#FF6A8D6D

Du kan også velge at soner og lasters farge skal være dynamisk justert basert på intensitet og fortegn. Rød farge indikerer et trykk på konstruksjonen, og en blå farge indikerer et sug.

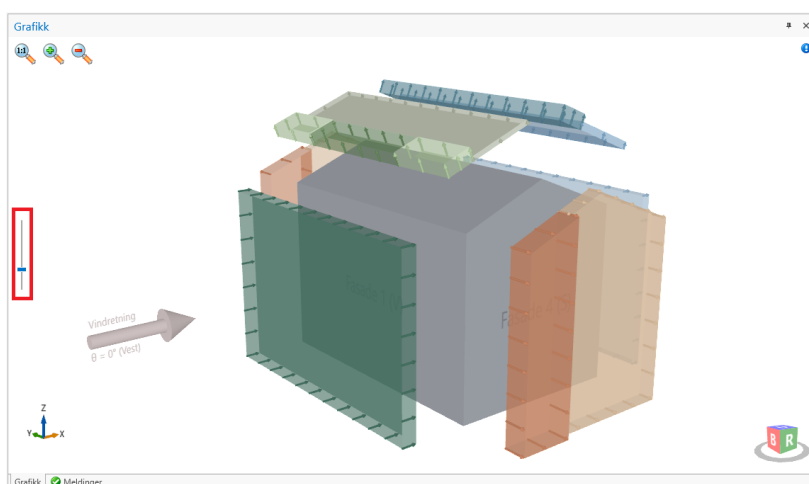
Filtrering av lasttilfeller

Ved bestemmelse av vindlaster på bygning vil det, i henhold til standarden, være svært mange relevante lasttilfeller. ISY Design beregner alle lasttilfeller, og det er opp til bruker å velge hvilke som skal brukes videre. Programmet har mulighet for å filtrere disse lasttilfellene. Man kan velge type utvendig formfaktor, største eller minste innvendig formfaktor, og vindretning. Valget gjøres i gruppen over listen over lasttilfeller.

Filter		
c_{pe}	c_{pi}	θ
c,pe,10	Alle	Alle

Lasters avstand fra konstruksjon

I grafisk visning av laster kan man justere avstand fra last/soner til konstruksjonen. Dette gjøres med den vertikale styrelinjen til venstre i den grafiske visningen.



Endring av konstruksjonstype

Modulen Vindlaster støtter mange forskjellige typer konstruksjoner. Det er stor forskjell i hvordan programmet håndterer de forskjellige konstruksjonstypene. Ved endring av konstruksjonstype vil det opprettes nye objekter med standard verdier. For at ikke brukervalg skal gå tapt vil det utføres en

kopiering av data der dette er relevant. Hvis man for eksempel endrer type fra bygning til rektangulær konstruksjonsdel, så vil programmet kopiere med seg geometriske data, samt data fra den vindretningen med størst (kritisk) vindkasthastighetstrykk. Dersom man ikke ønsker kopiering av geometriske data, så kan man skru av dette under programinnstillinger (Fil – Innstillinger – Standardvalg for lastberegning). Legg også merke til at endring av konstruksjonstype vil automatisk sette rapporttype til Standard.

Varierende referansehøyde på vegger

ISY Design Vindlaster støtter varierende referansehøyder på vegger på bygninger. Du kan velge å bruke konstant referansehøyde på vegger i beregningsinnstillinger. Der velges også hvor mange «striper», altså mellomliggende soner, som skal beregnes dersom høyden er større enn $2b$.

I resultatvisningen vil de mellomliggende sonene (undersoner) ligge i en treliste-struktur. Åpne hovedsonen for å se undersonene. Merk at undersoner får et tall i tillegg til sin bokstav. Data som vises på raden for hovedsonen er fra den undersonen som har størst netto vindtrykk. Legg også merke til at det er egne farger for undersoner.

Fasade 2 (N)		-	-	-	-	-	-
▶	A	36,1	0,98	-1,40	-1,37	-1,15	108,3
	A1	15,0	0,79	-1,40	-1,11	-0,89	45,0
	A2	17,0	0,82	-1,40	-1,14	-0,92	6,1
	A3	19,1	0,84	-1,40	-1,18	-0,96	6,1
	A4	21,1	0,86	-1,40	-1,21	-0,99	6,1
	A5	36,1	0,98	-1,40	-1,37	-1,15	45,0
▶	B	36,1	0,98	-1,10	-1,07	-0,85	252,7

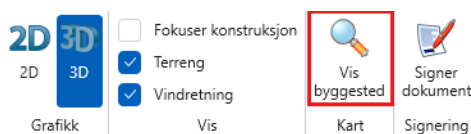


Kart

ISY Design Allmenne Laster tilbyr bruk av kartdata for å enklere bestemme byggestedets plassering og relevante snø- og vinddata. Kartet er kun tilgjengelig dersom man er tilkoblet internett.

Byggestedets plassering

Angivelse av byggestedets plassering kan gjøres enten ved å klikke i kartet, søke etter adresse eller manuelt velge kommune. Dersom plassering er valgt i kartet så vil programmet også hente byggestedets høyde over havet og region for bestemmelse av høydefaktoren, c_{alt} . I verktøylinjen kan man finne igjen valgt plassering i kartet ved å klikke på «Vis byggested».

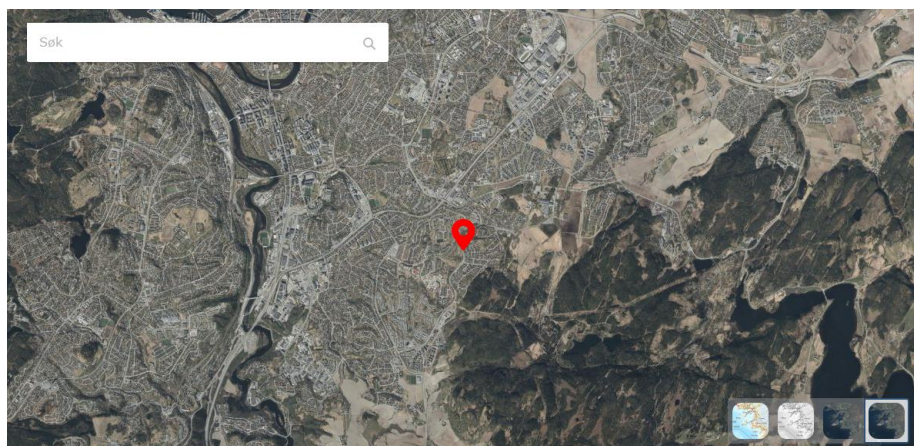


Legg merke til at noen stedsdata ikke er automatisk bestemt av kartet. Region for retningsfaktor, c_{dir} , må angis manuelt. Dette fordi det ikke er kartdata for bestemmelse av disse regionene, og det er for løst beskrevet. I tillegg er det noen kommuner som er delt inn i flere delsoner. Se for eksempel Bodø i Tabell NA.4(901.1) i EC1-1-4. Her må bruker selv velge om det er «Sørøst for Sandfjellet» eller ikke.

Byggested	
Kommune	Bodø
Område	Sørøst for Sa...
Fylke	Bodø
Region	Sørøst for Sandfjellet
Plassering	7475711, 736571

Visningstype

Kartet i ISY Design har flere visningstyper – grå, farger eller flyfoto. Valget gjøres ved å klikke på boksen nederst i høyre hjørne. Som standard vil ISY Design bruke gråtone for kartet ved valg av byggested og farger ved angivelse av vinddata.



Vindretninger

I menypunktet for Vind i modulen Vindlaster, så vil kartet også inkludere et kart-lag dersom byggestedets plassering er valgt i kartet (koordinater). Dette laget er en sirkel med radius 10 km. Dersom det er valgt å beregne med fire ortogonale vindretninger, så vil også valgt vindretning vises i kartet (rød farge). Overgangssoner vil også illustreres med en sirkel (eller del av sirkel) i den valgte avstanden fra byggestedets plassering.



Teorigrunnlag Snølaster

Generelt

Formlene for beregningene av snølaster er i henhold til følgende standard. Se Brukermanual ISY Design Generelt for mer informasjon om inkluderte versjoner av standardene og tilhørende nasjonale tillegg.

- ▶ Eurokode 1, EN 1991-1-3 (EC1-1-3)

Programmet bruker de konstanter og formler som er angitt i det aktuelle nasjonale tillegget til Eurokode. I tillegg til verdiene angitt i de nasjonale tilleggene, er det også mulig å benytte de anbefalte verdier som er angitt i basisutgaven av Eurokode. Merk i så fall at disse beregningene ikke er tillatt benyttet til konstruksjoner i noe land, og er kun ment som et sammenligningsgrunnlag.

I den grad formlene er hentet direkte fra standarden er punkt-/tabellnummer i standarden gitt.

Beregninger

Noen beregninger kjører kontinuerlig etter hvert som brukeren endrer sine inndata, og derfor kan man anta at de alltid er oppdaterte. Hvis du har valgt å overskrive automatisk beregnede verdier, må du selv holde disse oppdatert ved endringer andre steder i dokumentet. Øvrige beregninger, dvs. alle resultater, blir først utført når brukeren går til meny punktet for «Laster» eller velger «Start beregning».

Antagelser og begrensninger

- ▶ I henhold til punkt 1.1(2) i EC1-1-3 må det kontrolleres om standarden kan anvendes for byggeplasser over 1500 moh.
 - Norsk tillegg definerer at standarden er gyldig i hele landet.
- ▶ Eksepsjonelle snølaster etter punkt 2(3) og 2(4) i EC1-1-3, blir ikke beregnet i dette programmet, da de ikke benyttes i Norge.
- ▶ Programmet lager ikke lasttilfeller for eventuell kunstig fjerning eller omfordeling av snøen etter punkt 5.2(5) i EC1-1-3. Slike laster bør vurderes i hvert enkelt tilfelle der de kan være relevante.
- ▶ Eventuell økt snølast som følge av regn på snøen og påfølgende smelting og frysing i henhold til EC1-1-3 punkt 5.2(6), er ikke inkludert i programmet.
- ▶ Programmet, i likhet med EC1-1-3 punkt 1.1(8), kontrollerer ikke spesielle aspekter som
 - Støtlast pga. snø som glir eller faller ned fra overliggende takflate
 - Vindlastøkning som kan forekomme ved endringer i byggverkets form pga. akkumulert snø eller is
 - Laster i området med snø hele året
 - Islaster
 - Sideveis last som skyldes snø
 - Snølast på bruer

Snølast på mark (EC1-1-3: 4)

Karakteristisk verdi for snølast på mark, s_k , bestemmes fra Tillegg C, og angis direkte av bruker.

Norsk tillegg: Se underkapittel.

Norsk tillegg

I Norge beregnes karakteristisk snølast på mark som

$$s_k = s_{k0} + n\Delta s_k \leq s_{k,max}$$

$$n = \left\lceil \frac{H - H_g}{100} \right\rceil \geq 0$$

Der både s_{k0} , H_g , Δs_k og $s_{k,max}$ leses ut fra Tabell NA.4.1(901), basert på stedsangivelse. Legg merke til at noen av disse verdiene kan være udefinert for gitte steder. Vi har to situasjoner:

- ▶ Dersom $s_{k,max}$ er udefinert vil det si at det ikke er et maksimum karakteristisk snølast på mark, altså at høyden kan øke snølast ubegrenset.
- ▶ Dersom både H_g , Δs_k og $s_{k,max}$ er udefinert er karakteristisk snølast gitt som s_{k0} direkte.
 - Legg også merke til at for Oslo er s_{k0} gitt for forskjellige høyder.

H	Høyden over havet på den aktuelle byggeplassen
H_g	Høydegrense (hentes fra Tabell NA.4.1(901)). Merk at verdi kan være udefinert for noen steder.
s_{k0}	Grunnverdi for karakteristisk snølast på mark (hentes fra Tabell NA.4.1(901)).
Δs_k	Økning i karakteristisk snølast på mark over høydegrensen (hentes fra Tabell NA.4.1(901)). Merk at verdi kan være udefinert for noen steder.
$s_{k,max}$	Største snølast på mark (hentes fra Tabell NA.4.1(901)). Merk at verdi kan være udefinert for noen steder.

Andre returperioder enn 50 år (EC1-1-3: Tillegg D)

Det er tillatt å regne på andre returperioder enn 50 år, dersom tilgjengelige data viser at den største årlige snølastverdien kan antas å følge en Gumbel-fordeling. Det er opp til bruker å påse at dette kravet er oppfylt.

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen, men krav om minimum 50 års gjentagelsesintervall for bruddgrenselaster.

Snølasten på mark kan i så fall beregnes som

$$s_n = s_k \left(\frac{1 - V \frac{\sqrt{6}}{\pi} (\ln(-\ln(1 - P_n))) + 0,57722}{1 + 2,5923V} \right)$$

Der

$$P_n = \frac{1}{n}$$

Dersom en annen returperiode enn 50 år er valgt, vil s_n erstatte s_k i alle formler i dette dokumentet.

s_k	Karakteristisk verdi for snølast på mark.
P_n	Den årlige sannsynligheten for overskridelse.
n	Antatt ønskelig gjentakelsesintervall for snølasten (målt i antall år).
V	Variasjonskoeffisienten for største årlig snølastverdi. Verdien angis av bruker, med standardverdi $V = 0,6$.

Snølast på tak (EC1-1-3: 5.2)

Snølaster skal inkluderes i lastkombinasjoner som variable statiske påvirkninger, i henhold til EC1-1-3 kapittel 2, der lasten virker vertikalt og refereres til takarealets horisontale projeksjon (EC1-1-3: 5.2(4)).

Det beregnes to primære lasttilfeller:

- ▶ Snølast på tak som ikke skyldes snødriver
- ▶ Snølast på tak der snødriver inngår

Snølast på tak er gitt som

$$S = \mu_i S_{k,net}$$

Der

$$S_{k,net} = s_k C_e C_t$$

Snølasten er gitt for vedvarende/forbigående situasjoner (EC1-1-3: 5.2(3)a)). Eksepsjonelle snølaster (EC1-1-3: 5.2(3) b) og c)) beregnes ikke (se kapittel Antagelser og begrensninger).

μ_i	Formfaktor som tar hensyn til takets geometri (se kapittel Formfaktorer for tak (EC1-1-3: 5.3)).
C_e	Faktor for å ta hensyn til eksponeringen av taket (se kapittel Eksponering).
C_t	Faktor som tar hensyn til takets varmegjennomgang (se kapittel Varmegjennomgang på tak).
s_k	Karakteristisk verdi for snølast på mark (se kapittel Snølast på mark (EC1-1-3: 4)).

Eksposering

Ved bestemmelse av snølast på tak skal det tas hensyn til eksponeringsfaktoren, C_e , som hentes fra Tabell 5.1. Faktoren settes lik 1,0 dersom ikke annet er angitt for forskjellig topografi.

Norsk tillegg: Se underkapittel.

Norsk tillegg

I Norge er eksponeringsfaktoren gitt i Tabell NA.5.1. Legg merke til at det er de samme verdiene på koeffisienten, men med noe annerledes beskrivelse av topografier, sammenlignet med basisversjonen. Det er også ekstra betingelser for bruk av "Særlig sterkt vindutsatt", men dette blir ikke kontrollert av programmet.

For bueformede tak benyttes $C_e = 1,0$.

Varmegjennomgang på tak

C_t er en termisk koeffisient og brukes for å ta hensyn til reduksjon av snølast på tak med høy varmegjennomgang ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Selv om denne i spesielle tilfeller kan variere på ulike deler av taket, støtter programmet kun én verdi på C_t . Ulike verdier på ulike takflater kan i tilfelle løses som ulike beregninger. Punkt 5.2(8) i EC1-1-3 angir at $C_t = 1,0$, men kan overstyres av bruker.

Norsk tillegg: Se underkapittel.

Norsk tillegg

Ved transparente tak beregner programmet den termiske koeffisienten C_t på følgende måte

$$C_t = \begin{cases} 1,0 & \text{for } U_0 < 1,0 \text{ eller } \theta < 0 \\ 0,0 & \text{for } \alpha \geq 45^\circ, \text{ og raden over ikke slår til} \\ \left(1 - 0,054 \left(\frac{s_k}{3,5}\right)^{0,25} f(U_0, \theta)\right) \cos 2\alpha & \text{ellers} \end{cases}$$

$$f(U_0, \theta) = \begin{cases} 0,0 & \text{for } \theta \leq 5 \\ (\theta - 5)(\sin(0,4U_0 - 0,1))^{0,75} & \text{ellers, for } U_0 \leq 4,5 \\ \theta - 5 & \text{ellers} \end{cases}$$

Der $\theta \leq 18$ i formel for $f(U_0, \theta)$.

For tak med mer enn én takvinkel (saltak og sagtak) benyttes den minste α for de to takflatene, da dette blir det mest konservative. For tak nært høyereliggende byggverk hentes α fra det lavereliggende taket, da det både er konservativt med $\alpha = 0^\circ$ og det er dette taket det regnes snølast på.

For bueformede tak benyttes $C_t = 1,0$.

I tilfeller der U -verdien baseres på en utvendig termisk overgangsmotstand $R_e > 0$, benyttes følgende beregning av U_0 .

$$U_0 = \frac{U}{1 - UR_e}$$

Hvis $C_t < 1,0$ skal samtlige følgende korreksjoner utføres. Korreksjonene utføres i den rekkefølgen de står, og resulterende C_t beholdes, også dersom den fortsatt beregnes til $C_t < 1,0$.

- 1) Hvis avglidning kan bli forhindret (bruk av snøfangere / parapet), brukes $\alpha = 0^\circ$ i beregning av C_t . Avglidning antas forhindret dersom det er angitt minst én snøfanger i modellen.
 - a) Buet tak og hindringer støtter ikke snøfanger, men her har det heller ingen betydning for resultatet om avglidning er forhindret eller ikke.
- 2) Hvis C_t fortsatt er mindre enn 1,0 og månedsmiddeltemperaturen for februar er mindre enn -8°C settes

$$C_t := 1,2C_t \leq 1,0$$

Hvis beregnet lokal maksimalverdi av tilleggslast på grunn av snødriver overskrider 30% av gjennomsnittlig snølast på takflaten uten snødriver, skal den overstigende delen av lasten *ikke* reduseres med faktoren C_t . Programmet ivaretar dette ved å gi en advarsel dersom begge følgende kriterier er oppfylt for minst én av takflatene som beregnes

- ▶ Den termiske koeffisienten $C_t < 1,0$ (etter korreksjonene over)
- ▶ $s_2 - s_1 > 0,3\bar{s}_1$
 - s_2 er lastintensitet i lasttilfelle *med* snødriver
 - s_1 er lastintensitet i lasttilfelle *uten* snødriver
 - \bar{s}_1 er gjennomsnittlig s_1 over den aktuelle takflaten

I henhold til EC1-1-3, punkt NA.5.2(8), siste setning, skal det undersøkes spesielt at smeltevann dreneres effektivt fra takflaten uten fare for isdannelser, og at taket ikke kan bli utsatt for ras fra overliggende tak. Programmet gir en advarsel dersom det regnes med $C_t < 1,0$ på Nivåforskjell.

R_e	Utvendig termisk overgangsmotstand (standardverdi er $R_e = 0$ som gir $U_0 = U$).
U	Varmegjennomgangskoeffisienten for en gitt $R_e > 0$.
U_0	Varmegjennomgangskoeffisienten for $R_e = 0$.
α	Takvinkel (grader).
θ	Laveste forventede innetemperatur om vinteren i grader celsius.

Formfaktorer for tak (EC1-1-3: 5.3)

Formfaktorer for snølast, μ_i , er gitt i Tabell 5.2, gjengitt nedenfor.

I tabellen skal $\mu_{1,0} = \mu_1(0^\circ) = 0,8$ benyttes. Nasjonalt tillegg kan bestemme en annen verdi, men ikke mindre enn 0,8.

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Takvinkel α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
--------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	---------------------

$\mu_1(\alpha)$	$\mu_{1,0}$	$\mu_{1,0} \frac{60^\circ - \alpha}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \frac{60^\circ - \alpha}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \frac{\alpha}{30}$	1,6	Feilmelding*

* Tabellen gir ingen verdi for μ_3 for $\alpha > 60^\circ$, og det gis derfor en feilmelding for dette tilfellet. I praksis gjelder det kun for sagtak med en gjennomsnittlig vinkel på takflatene større enn 60° , noe som anses å ikke være dekket av EC1-1-4.

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Pulttak (EC1-1-3: 5.3.2)

Formfaktoren $\mu_1(\alpha)$ hentes fra Tabell 5.2. Ved snøfangere eller der taket avsluttes med en parapet benyttes $\mu_1(\alpha) \geq 0,8$. I programmet håndteres dette ved å anta at avglidning forhindres dersom det er angitt minst én snøfanger på den aktuelle takflaten.

Lasttilfeller med og uten snødriver er like, med konstant intensitet over hele taket, som vist på Figur 5.1.

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Saltak (EC1-1-3: 5.3.3)

Formfaktoren $\mu_2(\alpha)$ hentes fra Tabell 5.2. Ved snøfangere eller der taket avsluttes med en parapet benyttes $\mu_2(\alpha) \geq 0,8$. I programmet håndteres dette ved å anta at avglidning forhindres dersom det er angitt minst én snøfanger på den aktuelle takflaten.

Det beregnes 3 lasttilfeller, som vist på Figur 5.2, der tilfelle 1 er for tak uten snødriver, mens tilfelle 2 og 3 er med snødriver.

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Sagtak (EC1-1-3: 5.3.4)

Formfaktorer som vist på Figur 5.3, hentes fra Tabell 5.2. Det skal lages 2 lasttilfeller, som vist på Figur 5.3. Tilfelle 1 er for tak uten snødriver, mens tilfelle 2 er med snødriver.

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Merk at selv om standarden ikke spesifikt nevner håndtering av snøfangere, benytter programmet samme regler som gjelder for pult- og saltak. For første og siste takflate er det opp til bruker å angi snøfangere, som i så fall vil medføre at $\mu_2(\alpha) \geq 0,8$ for disse flatene. For alle mellomliggende takflater er det et brukervalg om avglidning er forhindret eller ikke. Dersom dette er valgt, benyttes begrensningen $\mu_2(\alpha) \geq 0,8$ uavhengig av om det er angitt snøfangere eller ikke.

Dersom sagtaket har mer enn 2 påfølgende saltak, bestemmes formfaktoren i toppen av saltakene etter følgende regler

- ▶ Første møne får $\mu = \mu_2(\alpha_1)$
- ▶ Siste møne får $\mu = \mu_2(\alpha_2)$
- ▶ De resterende mønene får $\mu = \max(\mu_2(\alpha_1), \mu_2(\alpha_2))$, med lineær variasjon fra $\mu_3(\bar{\alpha})$ i bunn av traetak-delen

Det gis en advarsel om at formfaktoren bør vurderes spesielt når den ene takflaten (eller begge) har en helning større enn 60° . Dersom $\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} > 60^\circ$ gis en feilmelding om at modellen ikke er støttet (EC1-1-4 definerer ingen verdi på μ_3).

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Buetak (EC1-1-3: 5.3.5)

Buen defineres i programmet med en høyde h og bredde b , som vist på Figur 5.5. Buetak støtter ikke bruk av snøfangerer, og benytter følgende formfaktorer.

$$\mu_1 = \mu_{1,0}$$
$$\mu_4 = \begin{cases} 0 & \text{for } \beta > 60^\circ \\ 0,2 + 10 \frac{h}{b} & \text{for } \beta \leq 60^\circ \end{cases}$$

$$\mu_4 \leq 2,0$$

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Der β er vinkelen mellom tangenten til buetakket og horisontalplanet.

Lasten på bueformede tak påføres i et område l_s mellom punktene hvor taket har 60° helning. Denne verdien beregnes av programmet for et utvalg ulike bueformer, men kan overstyres av bruker for å tilpasse lastene til andre bueformede taktyper. Uansett takform gjelder $l_s \leq b$.

Følgende bueformer kan velges

- ▶ Sirkulær
- ▶ Elliptisk
- ▶ Parabolsk

Det skal lages 3 lasttilfeller, som vist på Figur 5.5 i EC1-1-3. Tilfelle 1 er for tak uten snødriver, mens tilfelle 2 og 3 er med snødriver (tilfelle 3 er speilvendt av tilfelle 2).

Norsk tillegg: Egne lasttilfeller. Se underkapittel.

Norsk tillegg

Etter norsk tillegg skal lasttilfellet med hensyn til snødriver *ikke* inkludere lasten på venstre takflate.

I tillegg skal det kontrolleres for en jevt fordelt last, med intensitet $s = \mu_4 S_k$, som virker fra raften og $b/4$ inn på taket. Denne lasten skal benyttes for kontroll av takets lokale bæreevne. Det står

ingenting om hvorvidt denne lasten også skal begrenses til å virke kun på det området av taket som har en helning $\beta < 60^\circ$, så i programmet påføres denne lasten helt ut til enden av taket.

Merk at programmet benytter variabelnavnene definert i basisversjonen av standarden, altså μ_4 , ikke μ_3 som brukes i det norske nasjonale tillegget.

Merk at EC1-1-3: NA.5.3.5(3) krever at det skal antas at snø kan rase fra taket i et område fra raften og opp til takvinkelen $\beta = 15^\circ$, dersom dette ikke permanent forhindres. Dette er noe som må vurderes i hvert enkelt tilfelle, og er ikke tatt hensyn til i lasttilfellene programmet presenterer.

Tak nært høyere byggverk (EC1-1-3: 5.3.6)

Formfaktorene for det lavereliggende, flate taket beregnes som

$$\mu_1 = \mu_{1,0}$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

μ_s er formfaktoren for snølast som skyldes ras fra det høyereliggende taket. For $\alpha \leq 15^\circ$ benyttes $\mu_s = 0,0$, ellers settes μ_s slik at tilleggslasten på det lavereliggende taket blir 50% av den største samlede snølasten på det høyereliggende taket, beregnet som i kapittel Saltak (EC1-1-3: 5.3.3). Dette gir

$$\mu_s = \begin{cases} 0 & \text{for } \alpha \leq 15^\circ \\ \mu_2(\alpha) \frac{b}{l_s} & \text{ellers} \end{cases}$$

Der $\mu_2(\alpha)$ er definert i kapittel Saltak (EC1-1-3: 5.3.3) (må ikke forveksles med μ_2 ovenfor), og b er bredden (målt horisontalt) på den delen av det høyereliggende taket som kan rase ned på det lavereliggende taket. Dersom det høyereliggende taket har snøfangere, måles b fra den nederste snøfangeren og til enden av taket. Det er antatt at glidning ikke er forhindret, som vil si at $\mu_2(\alpha)$ ikke begrenses til 0,8, selv om det er en snøfanger på taket.

Bakgrunnen for formel for μ_s er at 50% av lasten på taket over (totalt $F = \mu_2(\alpha)b$) skal fordeles på en triangelformet last med høyde μ_s og lengde l_s . Vi får altså

$$0,5\mu_2(\alpha)b = \mu_s \frac{l_s}{2}$$

Legg merke til at standarden referer til saltak ved beregning av μ_s , og da benyttes formfaktoren $\mu_2(\alpha)$. Programmet støtter også pulttak som høyereliggende tak. I praksis har det ingen betydning, da både basisversjonen og norsk tillegg har identiske verdier på μ_1 og μ_2 .

μ_w er formfaktoren for snølast som skyldes vind. Dersom det befinner seg et høyere bygg kun på den ene siden av det lavereliggende taket, beregnes den etter EC1-1-3 punkt 5.3.6(1) med følgende formel.

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \gamma \frac{h}{s_k}$$

Der b_1 er bredden på høyreliggende tak, og b_2 er bredden på det lavereliggende taket.

Merk at standarden presiserer $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$ for beregning av tak nært høyere byggverk, men programmet åpner for at dette kan overstyres av bruker, gitt som $\gamma_{s,2}$ i inndata.

I tillegg gjelder følgende grenseverdier for μ_w

$$0,8 \leq \mu_w \leq 4,0$$

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Lastutbredelsen for området påvirket av snøras og vind settes til

$$l_s = 2h$$

Med begrensningene

$$5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$$

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Det skal lages 2 lasttilfeller, som vist på Figur 5.6. Tilfelle 1 er for tak uten snødriver, mens tilfelle 2 er med snødriver. Dersom $b_2 < l_s$ avsluttes lasten ved takets slutt (del som stikker utenfor takavslutning kuttes bort).

Høyere byggverk på begge sider

Norsk tillegg EC1-1-3 angir metode for beregning av snølast på tak som ligger mellom to høyerebyggende bygg. Denne metoden benyttes i programmet også for beregninger etter de andre nasjonale tilleggene (samt standardversjonen). Merk at selv om det norske tillegget angir at formfaktoren μ_s ikke skal inngå i beregningen av μ_{4v} og μ_{4h} , anser vi dette som en trykkfeil og programmet adderer dermed μ_s der det er relevant. Beregningene blir dermed de samme som der det er høyere byggverk på kun den ene siden, med følgende modifikasjoner.

$$\mu_{w,v} = \frac{b_v + l_{s,v}}{2h_v} \leq \gamma \frac{h_v}{s_k}$$

$$\mu_{w,h} = \frac{b_h + l_{s,h}}{2h_h} \leq \gamma \frac{h_h}{s_k}$$

Der $l_{s,v}$ og $l_{s,h}$ definerer bredden på det flate taket som henholdsvis $\mu_{w,v}$ og $\mu_{w,h}$ skal påvirke.

$$l_{s,v} = 2h_v$$

$$l_{s,h} = 2h_h$$

Med begrensningene

$$5\text{m} \leq l_{s,v} \leq 15\text{m}$$

$$5\text{m} \leq l_{s,h} \leq 15\text{m}$$

Merk:

- ▶ Dersom området definert av $l_{s,v}$ overlapper med området definert av $l_{s,h}$, summeres de aktuelle andelene av $\mu_{w,v}$ og $\mu_{w,h}$, samt $\mu_{s,v}$ og $\mu_{s,h}$, i dette området.
 - Programmet beholder lastenes horisontale posisjon ved summering, selv om Figur NA.5.3.6(901) antyder at mellomliggende last er horisontal. Det er bekreftet fra Standard Norge at tekst er gjeldene dersom figur og tekst kan tolkes forskjellig. Summasjon gjøres derfor i henhold til teksten i EC1-1-3, NA.5.3.6(1).
- ▶ Dersom lengden på det flate taket, b_2 , er mindre enn $l_{s,v}$ og/eller $l_{s,h}$, kuttet påvirkningen av μ_s (snø som raser fra overliggende tak) på samme måte som beskrevet for tilfellet med høyere byggverk på kun den ene siden. Dette er en forenkling på ikke-konservativ side, men er likevel valgt ettersom det ikke er gitt noen føringer i standarden for hvordan dette eventuelt skal håndteres.

$\mu_{w,v}$ og $\mu_{w,h}$	Formfaktoren μ_w på henholdsvis venstre og høyre snølast
$\mu_{s,v}$ og $\mu_{s,h}$	Formfaktoren μ_s på henholdsvis venstre og høyre snølast
b_v og b_h	Bredden til det høyereliggende taket, på henholdsvis venstre og høyre bygg
h_v og h_h	Høyde på overliggende tak i forhold til det laveliggende, på henholdsvis venstre og høyre bygg

Lokale virkninger (EC1-1-3: 6)

Hindringer (EC1-1-3: 6.2)

Ved framspring og hindringer på tilnærmet horisontale tak benyttes

$$\mu_1 = \mu_{1,0}$$

$$\mu_2 = \gamma \frac{h}{s_k}$$

Med begrensningen $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$.

Merk at standarden presiserer $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$ for denne formelen, men programmet åpner for at dette kan overstyres av bruker, gitt som $\gamma_{s,2}$ i inndata.

Lastutbredelsen for området påvirket av hindringen settes til

$$l_s = 2h$$

Med begrensningene

$$5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$$

Norsk tillegg: Samme som standardversjonen.

Snø over kant av tak (EC1-1-3: 6.3)

Det skal tas hensyn til lasten fra snø som henger over kanten på taket for konstruksjoner på steder som ligger over 800 moh.

Norsk tillegg: Grensen går på 200 moh.

Lasten som skyldes overheng av snø beregnes i utgangspunktet for alle takflater, med unntak av tak som har en helning som gjør at snøen vil gli *bort* fra raften (trautak og øverste delen av et pulttak). Det er opp til bruker å selv avgjøre om lasten er relevant i tilfeller hvor f.eks. snøfanger eller parapet benyttes. Lasten beregnes som en punktlast på enden av taket med intensitet

$$s_e = \frac{k s^2}{\gamma}$$

Norsk tillegg: Samme som standard, men $s_e \leq 1,5s$.

Faktoren k tar hensyn til snøens ujevne form, og settes til

$$k = \frac{3}{d} \leq d\gamma$$

Norsk tillegg: $k = \frac{H-200}{400}$, men $0 \leq k \leq 1,0$.

Merk at standarden presiserer $\gamma = 3,0 \text{ kN/m}^3$ for formlene over, men programmet åpner for at dette kan overstyres av bruker, gitt som $\gamma_{s,3}$ i inndata.

s_e	Snølast på enden av taket (per lendemeter).
s	Den ugunstigste snølasten på det aktuelle taket, som ikke skyldes snødriver.
d	Snødybden på taket målt i meter.
H	Byggestedets høyde over havet målt i meter (men uten benevning).

Snøfangere (EC1-1-3: 6.4)

Kraften F_s fra en glidende snømasse i bevegelsesretningen (per lengdeenhet av bygningen) settes til

$$F_s = sb \sin \alpha$$

s	Den ugunstigste snølasten som ikke skyldes snødriver på det arealet av det aktuelle taket som gir opphav til avglidning.
b	Avstanden i horisontalplanet fra snøfangeren til mønet eller neste snøfanger
α	Takvinkelen

Teorigrunnlag Vindlaster

Generelt

Formlene for beregningene av vindlaster er i henhold til følgende standard. Se Brukermanual ISY Design Generelt for mer informasjon om inkluderte versjoner av standardene og tilhørende nasjonale tillegg.

- ▶ Eurokode 1, EN 1991-1-4 (EC1-1-4)

Programmet bruker de konstanter og formler som er angitt i det aktuelle nasjonale tillegget til Eurokode. I tillegg til verdiene angitt i de nasjonale tilleggene, er det også mulig å benytte de anbefalte verdier som er angitt i basisutgaven av Eurokode. Merk i så fall at disse beregningene ikke er tillatt benyttet til konstruksjoner i noe land, og er kun ment som et sammenligningsgrunnlag.

I den grad formlene er hentet direkte fra standarden er punkt-/tabellnummer i standarden gitt.

Beregninger

Noen beregninger kjører kontinuerlig etter hvert som brukeren endrer sine inndata, og derfor kan man anta at de alltid er oppdaterte. Hvis du har valgt å overskrive automatisk beregnede verdier, må du selv holde disse oppdatert ved endringer andre steder i dokumentet. Øvrige beregninger, dvs. alle resultater, blir først utført når brukeren går til meny-punktet for «Laster» eller velger «Start beregning».

Antagelser og kontroller

- ▶ Programmet er anvendbar for bygg- og anleggskonstruksjoner med høyde på inntil 200 m (EC1-1-4: 1.1(2)).
- ▶ Som beskrevet i EC1-1-4 kapittel 1.1 er følgende er ikke dekket av dette programmet:
 - Lokale termiske virkninger på den karakteristiske vinden er ikke tatt hensyn til.
 - Bardunerte master, gittertårn og lysmaster er ikke behandlet i dette programmet.
 - Torsjonsvibrasjoner.
 - Vibrasjoner i brudekket.
 - Hengebruer/bruer.
 - Vibrasjoner der mer enn første egensvingeform trenger å vurderes.
- ▶ Følgende punkter i EC1-1-4 blir ikke håndtert av programmet (merk at denne listen ikke må antas å være komplett)
 - Interferens i henhold til EC1-1-4 kapittel 6.3.3.
 - Asymmetriske og motvirkende trykk og krefter i henhold til EC1-1-4 kapittel 7.1.2.
 - Virkninger av is og snø i henhold til EC1-1-4 kapittel 7.1.3. Det er opp til bruker å angi geometri og andre relevante data for å ta hensyn til dette.
 - Trykk på vegger eller tak med mer enn ett lag i henhold til EC1-1-4 kapittel 7.2.10.
 - Vurdering av brukbarhet i henhold til EC1-1-4 kapittel 6.3.2.
 - Utmatting på grunn av vindlaster.

Geografi

Vindhastighet er avhengig av mange faktorer, og flere av disse er basert på geografisk plassering av byggestedet i Norge. Bruker må angi kommune og tilhørende fylke for bestemmelse av referansevindhastighet. Legg merke at i 2017 ble det utført en omfattende reduksjon i antallet kommuner og fylker. Det er den gamle kommune- og fylkesinndelingen (2009) som benyttes av EC1-1-4, og følgelig må angis som byggestedets plassering. Programmet bruker datasettet for kommuneinndeling fra og med 1. januar 2009.

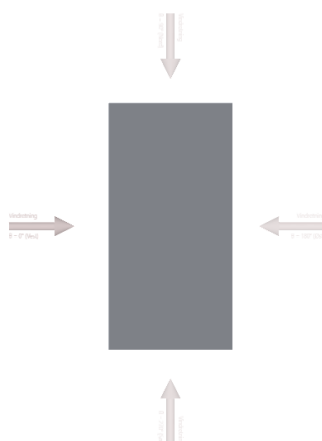
Dersom det er valgt å redusere vindhastighet ved å ta hensyn til retningsfaktor, c_{dir} , må bruker også angi region i henhold til Tabell NA.4 (901.4). Det vil altså ikke utføres noe form for kobling mellom valgt kommune/fylke og region, da regionene i Tabell NA.4 (901.4) er for tvetydig. Se kapittel «Vindretning og vindsektor» og «Basisvindhastighet» for mer informasjon.

Bestemmelse av vindfaktoren c_{alt} må beregningen vite hvilket område byggestedet ligger i. Kobling mellom område og fylke/distrikt er håndtert av programmet.

Vindretning og vindsektor

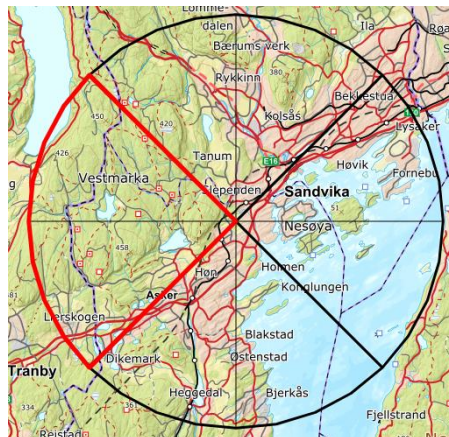
I ISY Design beregnes vindlaster for kun én generell vind for alle konstruksjonstyper med unntak av bygninger. Det er viktig at bruker angir inndata for det han vil beregne, og konstruksjonens geometri angis i henhold til denne vinden (vindretningen).

Bygninger har fire ortogonale vindretninger, der det beregnes vindlaster (vindtrykk) for hver retning. Hver vindretning går normalt inn på hver side av bygningen. Konstruksjonen vil som standard være plassert i henhold til nord (og de andre himmelretningene), og bruker kan velge å rotere konstruksjonen.



For hver ortogonal vindretning har vi en nominell vindsektor ($\pm 45^\circ$ på hver side av vindretning) som definert i Figur 4.1 i EC1-1-4. I henhold til punkt 7.2.1(2) er formfaktorer for vindtrykk på bygninger definert som de mest ugunstigste for den nominelle vindsektoren for hver ortogonal vindretning. Bruker skal angi relevant data for beregning av vindhastighet for denne sektoren. Legg merke til at terrengruhet skal bestemmes ved å se på en vindsektor $\pm 30^\circ$ for en vilkårlig vindretning i hver

nominell vindsektor. Det er opp til bruker å angi terrengruhet, og skal velge den med minste ruhetslengde (EC1-1-4: 4.3.2(3-4)).



For hver vindretning må det angis data om vinden og terrenget. Dersom man ønsker å bruke én vind på alle fire ortogonale vindretninger, så kan man velge «Forenklet vind» i beregningsinnstillingene. Da angis vind- og terrengdata kun én gang, og resulterende vindkasthastighetstrykk benyttes for alle ortogonale vindretninger.

I det norske nasjonale tillegget er det en egen beregning av retningsfaktor, c_{dir} . Den er gitt i Tabell NA.4 (901.4), og er avhengig av byggestedets plassering (region) og vindens himmelretning. Det nasjonale tillegget anbefaler å bruke verdi 1,0 for faktoren, og det er standardvalget i programmet. Bruker kan alltid overstyre retningsfaktoren ved å velge en av de relevante himmelretningene for en gitt ortogonal vindretning, eller angi faktoren manuelt.

Vindhastighet (EC1-1-4: 4)

Vindhastighet og vindhastighetstrykk bestemmes basert på middelvindhastigheten, basisvindhastigheten, vindens høydevariasjon, og turbulensintensitet (EC1-1-4: 4.1(1)). Dette kapittelet forklarer hvordan de forskjellige verdiene beregnes.

Norsk tillegg: Verdiene skal bestemmes på grunnlag av reglene i standarden og det nasjonale tillegget

Beregningen av vindhastigheten utføres i flere steg, der hvert steg tar hensyn til ulike effekter. Stegene er beskrevet i egne kapitler, men kan kort oppsummeres som:

1. Referansevindhastighet
 - a. Hentes fra kart og/eller tabell i nasjonalt tillegg
2. Basisvindhastighet
 - a. Høyde over havet
 - b. Returperiode
 - c. Vindretning
 - d. Sesong
3. Middelvindhastighet
 - a. Terrengruhet
 - b. Terrengform
4. Vindkasthastighet

a. Vindturbulens

Referansevindhastighet

Referansevindhastigheten $v_{b,0}$ er den karakteristiske 10 minutters middelvindhastigheten, uavhengig av vindretning og årstid, 10 meter over terrengnivå som tilsvarer terrengkategori II (EC1-1-4: 4.2(1)P).

Norsk tillegg: Se underkapittel.

Norsk tillegg

Referansevindhastigheten, $v_{b,0}$, for de norske kommunene og nærliggende havområder er gitt i Tabell NA.4(901.1) og på Figur NA.4(901.1). Merk at programmet benytter Tabell NA.4(901.1) da det er antatt at denne har de mest nøyaktige verdiene.

For Svalbard gjelder $v_{b,0} = 30\text{m/s}$.

Legg merke til at en merknad i EC1-1-4 NA.4.3.2(2) (901.2) som sier at en interpolert verdi av referansevindhastigheten kan benyttes ved beregning av middelvindhastighet med ruhetsendring (overgangssoner). Dette er ikke hensyntatt av programmet. Det er opp til bruker å angi en interpolert verdi dersom han eller hun mener det er relevant.

Basisvindhastighet

Basisvindhastigheten beregnes med følgende formel. Merk at dette gjelder for høyden 10 meter over bakken og terrengkategori II.

$$v_b = c_{dir} c_{season} c_{alt} c_{prob} v_{b,0}$$

Der $v_{b,0}$ er referansevindhastigheten, c_{prob} er en faktor som tar hensyn til overskridelse for et valgt år (se kapittel «Returperiode»), og

$$c_{dir} = 1,0$$

Norsk tillegg: Kan velges lik 1,0 for alle vindretninger.
Eventuelle lavere verdier for enkelte sektorer er gitt i Tabell NA.4 (901.4).

$$c_{season} = 1,0$$

Norsk tillegg: Kan velges lik 1,0.
Eventuelle lavere verdier er gitt i Tabell NA.4(901.5), 0,8 for mai til og med august, og 1,0 ellers.

Se kapittel «Vindretning og vindsektor» for mer informasjon om retningsfaktoren, og hvordan den håndteres for bygninger med fire nominelle vindsektorer (ortogonale vindretninger).

For flyttbare konstruksjoner som kan brukes når som helst i løpet av året, bør c_{season} settes lik 1,0 (EC1-1-4: 4.2(3)).

Vindøkning med høyde over havet er ikke tatt hensyn til i standarden, men det norske nasjonale tillegget har en egen faktor for dette, i.e.

$$c_{alt} = 1,0$$

Norsk tillegg: Se underkapittel.

Programmet beregner også en basisvindhastighet som er retningsuavhengig, i.e.

$$v_{b,idir} = c_{season} c_{alt} c_{prob} v_{b,0}$$

Basisvindhastigheten kan da beregnes som

$$v_b = c_{dir} v_{b,idir}$$

Returperiode

Faktor for å beregne 10 minutters vindhastigheten med sannsynlighet p for overskridelse et tilfeldig valgt år bestemmes med følgende uttrykk.

$$c_{prob} = \left(\frac{1 - K \ln(-\ln(1 - p))}{1 - K \ln(-\ln(0,98))} \right)^n$$

Norsk tillegg: Kan normalt settes lik 1,0.

Formel benyttes dersom en annen returperiode enn 50 år velges.

Der

$$K = 0,2$$

Norsk tillegg: Samme som standard

$$n = 0,5$$

Norsk tillegg: Samme som standard

$$p = \frac{1}{T}$$

Der T er antall år (returperiode), og begrenses til å være minst 2 år.

Vindøkning med høyde over havet i Norge

Referansevindhastigheten tar hensyn til skjermingseffekten av fjellkjeder under tregrensen. Over tregrensen øker basisvindhastighet som følge av nivåfaktoren, som bestemmes ut fra følgende uttrykk.

$$c_{alt} = \begin{cases} 1,0 & v_{b,0} \geq v_0 \\ 1,0 + \frac{(v_0 - v_{b,0})(H - H_0)}{v_{b,0}(H_{topp} - H_0)} \geq 1,0 & v_{b,0} < v_0 \end{cases}$$

$$H \leq H_{topp}$$

v_0	Terskelverdi. $v_0 = 30\text{m/s}$
H	Høyde over havet for byggestedet.
H_0	Høyden over havet der nivåkorreksjon begynner (tregrensenivået). Høyden er gitt i Tabell NA.4(901.2).
H_{topp}	Høyden over havet der maksimal nivåkorreksjon er nådd. Høyden er gitt i Tabell NA.4(901.2).

Middelvindhastighet

Middelvindhastigheten (også kalt stedsvindhastighet) er gitt som

$$v_m(z) = c_r(z)c_o(z)v_b$$

Norsk tillegg: Ruhets- og formfaktor har eget opplegg.

Der c_r er ruhetsfaktor (se kapittel «Terrengruhet»), c_o er terrengformfaktor (se kapittel «Terrengform»), og z er høyde over terrenget.

Betydningen av omkringliggende konstruksjoner for vindhastigheten bør hensyntas i henhold til EC1-1-4: 4.3.4. Det vil si at store og betydelig høyere omkringliggende konstruksjoner kan øke vindhastigheten. Legg merke til at effekten av tettliggende bygninger og hindringer (EC1-1-4: 4.3.5) er ikke støttet i dette programmet.

Terrengruhet

Ruhetsfaktoren er gitt som

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Der

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

Norsk tillegg: Det norske nasjonale tillegget tilbyr verdier for k_r i samme tabell som z_0 og z_{min} .
Merk at programmet bruker tallene fra tabellen for k_r .

$$z_{0,II} = 0,05\text{m}$$

$$z_{max} = 200\text{m}$$

Dette uttrykket gjelder for høyder $z_{min} \leq z \leq z_{max}$. For høyder mindre enn z_{min} benyttes følgende.

$$c_r(z) = c_r(z_{min})$$

Ruhetslengden og minimumshøyden er gitt i Tabell 4.1, gjengitt under.

Norsk tillegg: Verdier på k_r , z_0 , og z_{min} er gitt i Tabell NA.4.1.

Terrengkategori	z_0 [m]	z_{min} [m]	k_r
0	0,003	1 (NO: 2)	NO: 0,16
I	0,01	1 (NO: 2)	NO: 0,17
II	0,05	2 (NO: 4)	NO: 0,19
III	0,3	5 (NO: 8)	NO: 0,22
IV	1,0	10 (NO: 16)	NO: 0,24

ISY Design Vindlaster tar ikke hensyn til overgangssoner med forskjellig ruhet i henhold til tillegg A.2. Det er opp til bruker å angi riktig terrengkategori. Ved valg mellom to eller flere terrengkategorier bør den minste ruhetslengden brukes. Merk at det norske nasjonale tillegget har eget opplegg for å håndtere overgangssoner som er inkludert i programmet.

Norsk tillegg: Se kapittel «Overgangssone i Norge».

z_0	Ruhetslengden definert i Tabell 4.1. Dersom valget består av flere terrengkategorier for et gitt område, bør den minste verdien brukes (EC1-1-4: 4.3.2(4)).
$z_{0,II}$	Ruhetslengden for terrengkategori II (Tabell 4.1).
z_{min}	Minimumshøyden definert i Tabell 4.1.
z_{max}	Maksimumshøyden (200m).

Terrengkategori

Terrengkategorier er definert i henhold til EC1-1-4 Tillegg A, Figur A.1. Hver kategori har en beskrivelse og tilhørende største ruhetslengde (Tabell 4.1). For å finne hvilken kategori som gjelder for en vindretning må man se på en vinkelsektor som går fra konstruksjon mot vindretning med en vinkel på $30^\circ (\pm 15^\circ)$ på hver side av vindretning. Se kapittel «Vindretning og vindsektor» og EC1-1-4: 4.3.2(2) for mer informasjon.

Vi antar at alle form- eller kraftfaktorer er definert for en nominell vinkelsektor, og da skal den minste ruhetslengden blant hvilken som helst vinkelsektor på 30° benyttes (EC1-1-4: 4.3.2(3)). Hvis valget består av flere terrengkategorier for et gitt område, bør den minste ruhetslengden brukes (EC1-1-4: 4.3.2(4)). Det vil si en lavere terrengkategori.

Overgangssone i Norge

Middelvindhastighet ved overgangssoner er gitt som

$$v_m(z) = c_o v'_m(z)$$

Dersom byggestedet ligger nærmere enn 10 km fra naboområdet med en vesentlig annen ruhet skal middelvindhastigheten og turbulensintensiteten justeres i henhold til det nasjonale tillegget for den aktuelle vindretningssektoren. Se Figur NA.4(901.2) for skjematisk visning av overgangssone.

Dersom terrengruheten øker fra område A til B beregnes middelvindhastigheten i overgangssonen som

$$v'_m(z) = \min \begin{cases} v'_{m,B}(z)c_s(x_B) \\ v'_{m,A}(z) \end{cases}$$

Dersom terrengruheten avtar fra område A til B beregnes middelvindhastigheten i overgangssonen som

$$v'_m(z) = \max \begin{cases} v'_{m,B}(z)c_s(x_B) \\ v'_{m,A}(z) \end{cases}$$

Der $v'_{m,A}(z)$ og $v'_{m,B}(z)$ er middelvindhastigheten i henholdsvis sone A og B, beregnet med basisvindhastighet (v_b) fra byggested, terrengform ikke inkludert ($c_o = 1,0$), og terrengruhet (c_r) fra sin respektive sone.

$$c_s(x_B) = \begin{cases} c'_s(x_B) & \text{for økende ruhet} \\ 2 - c'_s(x_B) & \text{for avtagende ruhet} \end{cases}$$

$$c'_s(x_B) = 10^{-0,04|n|\log(x_B/10)}$$

Merk at dersom referansevindhastigheten endres innenfor 10 km, kan en interpolert verdi brukes (EC1-1-4: NA.4.3.2(2) (901.2.1) Merknad). Dette er ikke hensyntatt i programmet, og det er opp til bruker å sette egendefinert referansevindhastighet.

Overgangssonefaktorer ($v'_m(z)/v'_{m,B}(z)$) er gitt i tabellene NA.4 (901.6) og NA.4 (901.7) for z-verdier i intervallet 2-30m. Programmet benytter ikke disse tabellene, men beregner basert på de angitte formlene istedenfor.

Husk at overgangssoner påvirker også turbulensintensiteten. Dette er beskrevet i kapittel «Overgangssone i Norge».

Ettersom byggestedet ligger i sone B, vil alle relevante inndata være angitt for denne sonen. Der overgangssoner er relevant, kan bruker overstyre følgende verdier for sone A.

- ▶ Terrengkategori sone A
- ▶ Avstand fra byggested til overgangssone, x_B

Legg også merke til at overgangssoner vurderes for hver aktuell vindretning.

x_B	Avstand i kilometer fra overgang i terrengruhet til byggestedet.
n	Antall terrengruhetskategorier som det endres med ved overgangen fra område A til B. Tallverdien til n benyttes, altså absoluttverdien.

Terrengform

Terrengformen (åser, skråninger og bratt terreng) kan øke, og potensielt redusere, vindhastigheten. Dette hensyntas med terrengformfaktoren c_o . Prosedyre for bestemmelse av faktoren ligger i EC1-1-4: Tillegg A.3.

Norsk tillegg: A.3 benyttes ikke, eget opplegg i norsk tillegg. Se underkapittel.

Det kan sees bort fra virkningene av terrengform når den gjennomsnittlige helningen av terrenget på vindsiden er mindre enn 3° , men dette tas ikke hensyn til av programmet.

Legg merke til at minimumshøyde, z_{min} , ikke påvirker beregning av terrengformfaktor. I henhold til kapittel 4.3.3 og Tillegg A.3 i EC1-1-4 skal terrengform bestemmes uavhengig av terrengruhet. I det norske nasjonale tillegget er det egen beregning av faktoren, og for åser og skråninger kan vertikal høyde over terrenget på byggested (z) antas begrenset av z_{min} . Programmet beregner uten denne begrensningen, på samme måte som for basis EC1-1-4, men bruker kan velge å inkludere den i beregningsinnstillingene.

Beregning av faktor etter tillegg A.3

Terrengformfaktoren tar hensyn til økningen av middelvindhastigheten over enkeltstående åser og skråninger. Det skal tas hensyn til terrengformen for følgende byggesteder med tilhørende begrensninger. Dersom valgt byggested havner utenfor begrensningene er det ikke nødvendig å ta hensyn til virkningene av terrengform, og faktoren settes til 1,0.

Byggested	Begrensning
Losiden av fjell og åser	$0,05 < \Phi \leq 0,3$ og $ x \leq L_u/2$
Lesiden av fjell og åser	$\Phi < 0,3$ og $x < L_d/2$
	$\Phi \geq 0,3$ og $x < 1,6H$
Losiden av klipper og skråninger	$0,05 < \Phi \leq 0,3$ og $ x \leq L_u/2$
Lesiden av klipper og skråninger	$\Phi < 0,3$ og $x < 1,5L_e$
	$\Phi \geq 0,3$ og $x < 5H$

Terrengformfaktoren er gitt som

$$c_o = \begin{cases} 1 & \Phi < 0,05 \\ 1 + 2s\Phi & 0,05 < \Phi < 0,3 \\ 1 + 0,6s & \Phi > 0,3 \end{cases}$$

Der

$$\Phi = \frac{H}{L_u}$$

$$L_e = \begin{cases} L_u & 0,05 < \Phi \leq 0,3 \\ \frac{H}{0,3} & \Phi > 0,3 \end{cases}$$

I daler kan terrengformfaktoren settes lik 1,0 dersom det ikke forventes en hastighetsøkning som følge av traktvirkninger.

Ved tilnærmet flatt terreng er det antatt at terrengformen ikke påvirker vindhastigheten, i.e.

$$c_o = 1,0$$

s	Hjelpestørrelse i henhold til formlene gitt i EC1-1-4: A.3(5). Se underkapitler.
Φ	Helningen på losiden i vindretningen.
L_e	Effektiv lengde på helningen på losiden i vindretning (se Tabell A.2).
L_u	Faktisk lengde (horisontalt) på helningen på losiden i vindretning. Se Figur A.1-3.
L_d	Faktisk lengde (horisontalt) på helning på lesiden i vindretning. Se Figur A.3.
H	Effektiv høyde på terrengformen.
x	Horisontal avstand fra stedet til toppen av høyden i terrenget. Positiv verdi betyr at byggested er på losiden, og negativ betyr lesiden.
z	Vertikale avstanden fra bakkenivået på byggestedet (referanse høyde).

Loside

Hjelpestørrelsen er gitt som

$$s = \begin{cases} Ae^{\left(\frac{Bx}{L_u}\right)} & -1,5 \leq \frac{x}{L_u} \leq 0 \text{ og } 0 \leq \frac{z}{L_e} \leq 2 \\ 0 & \frac{x}{L_u} < -1,5 \text{ eller } \frac{z}{L_e} > 2 \end{cases}$$

Der

$$A = 0,1552 \left(\frac{z}{L_e}\right)^4 - 0,8575 \left(\frac{z}{L_e}\right)^3 + 1,8133 \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,9115 \left(\frac{z}{L_e}\right) + 1,0124$$

$$B = 0,3542 \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,0577 \left(\frac{z}{L_e}\right) + 2,6456$$

Legg merke til at både Figur A.2 og Figur A.3 er relevant for denne beregningen.

Leside av klipper og skråninger

Hjelpestørrelsen er gitt som

$$s = \begin{cases} A \left(\log \left[\frac{x}{L_e} \right] \right)^2 + B \left(\log \left[\frac{x}{L_e} \right] \right) + C & 0,1 \leq \frac{x}{L_e} \leq 3,5 \text{ og } 0,1 \leq \frac{z}{L_e} \leq 2 \\ 0 & \frac{x}{L_e} > 3,5 \text{ eller } \frac{z}{L_e} > 2 \end{cases}$$

Der

$$A = -1,3420 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8222 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,4609 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right) - 0,0791$$

$$B = -1,0196 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8910 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,5343 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right) - 0,1156$$

$$C = 0,8030 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 + 0,4236 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 - 0,5738 \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right) + 0,1606$$

$$\frac{z}{L_e} \geq 0,1$$

For området $0 \leq \frac{x}{L_e} \leq 0,1$ interpoleres det mellom verdiene for $\frac{x}{L_e} = 0$ ($s = A$ i ligning A.5) og $\frac{x}{L_e} = 0,1$.

Se Figur A.2 for mer informasjon og detaljer.

Leside av åser og bakker

Hjelpestørrelsen er gitt som

$$s = \begin{cases} A e^{\left(\frac{Bx}{L_d} \right)} & 0 \leq \frac{x}{L_d} \leq 2 \text{ og } 0 \leq \frac{z}{L_e} \leq 2 \\ 0 & \frac{x}{L_d} > 2 \text{ eller } \frac{z}{L_e} > 2 \end{cases}$$

Der A er samme formel som for loside, og

$$B = -0,3056 \left(\frac{z}{L_e} \right)^2 + 1,0212 \left(\frac{z}{L_e} \right) - 1,7637$$

Se Figur A.3 for mer informasjon og detaljer.

Terrengform i Norge

Terrengformfaktor og turbulensfaktor er gitt i følgende underkapitler. Faktorene beregnes basert på fire forskjellige betingelser for byggested:

- ▶ Tilnærmet flatt terreng.
 - I dette tilfellet benyttes $c_o = k_I = 1,0$.
- ▶ Høyereleggende område av en ås eller skråning med stigning på vindsiden av byggestedet.
 - Beregning gjelder for byggested på både le- og loside.
- ▶ Lavereliggende byggested i le av ås eller skråning med største fall mindre enn 25°.
- ▶ Lesiden av en eller flere terrengformasjoner med største fall større enn 30°.

Merk at terrengformfaktoren skal vurderes for aktuelle retningssektorer.

Frittliggende ås eller skråning

Dersom byggestedet ligger over $H/2$ på en ås eller skråning beregnes terrengfaktoren med følgende formel. Merk at dersom $H > 200\text{m}$ bør metoden vurderes nærmere.

$$c_o(z) = 1 + \Delta S_{z,maks} \left[\frac{B/L_0}{B/L_0 + 0,4} \right] \left[1 - \frac{|x|}{k_{virk} L_H} \right] e^{-\left(\frac{az}{L_H}\right)}$$

$$B/L_0 \geq 0,5$$

For $|x| \geq k_{virk} L_H$ gjelder ikke formelen, og programmet benytter da $c_o = 1$ med en advarsel om at informasjon om ås eller skråning er utenfor gyldighetsområdet for beregning av terrengformfaktor.

Faktorene $\Delta S_{z,maks}$, a og k_{virk} er gitt i Tabell NA.4 (901.8), gjengitt under.

Terrengform på byggested	$\Delta S_{z,maks}$	a	k_{virk} $x < 0$	k_{virk} $x > 0$
Ås	$2 \frac{H}{L_H} \leq 1$	3	1,5	1,5
Skråning	$1,8 \frac{H}{L_H} \leq 0,9$	2,5	1,5	4

For åser og skråninger benyttes en turbulensfaktor lik

$$k_I = 1,0$$

Dersom byggestedet i tillegg ligger på lesiden av bratt terreng (NA.4.3.3 (901.4)), kan terrengformfaktoren bestemmes som produktet av de to verdiene.

H	Åsens største høyde målt i vindretning fra byggested.
x	Horisontal avstand (positiv vindretning) fra lokal topp av åsen eller skråningen til byggestedet.

z	Lokal høyde over terrengnivået på byggestedet. For $z < z_{min}$ brukes $z = z_{min}$ dersom det er valgt av bruker.
L_H	Horisontal ås- eller bakkelengde målt fra nivået $0,5H$ på vindsiden av åsen til toppen av åsen H .
B	Horisontal avstand fra åsens høyeste punkt langs en linje vinkelrett på vindvektorplanet xz til et punkt der åsens høyde H' over det omkringliggende terrenget er halvert.
L_0	Horisontal lengde fra åsens høyeste punkt til et punkt på vindsiden der åsens største høyde, H' , over det omkringliggende terrenget er halvert.

Lesiden av ås eller skråning

Dersom det angis at byggested er på lesiden av en ås eller skråning med moderat fall bruker programmet en terrengformfaktor og turbulensfaktor lik

$$c_o = 0,8$$

$$k_l = 1,2$$

Det er opp til bruker selv å kontrollere at samtlige krav i NA.4.3.3(901.3.2) er oppfylt:

- ▶ Det gjennomsnittlige fallet for det skjermende terrenget på lesiden av byggestedet for terrengarealer i siktelinjen fra byggestedet, motsatt vindretning, innenfor aktuell retningssektor, er mindre 25 grader.
- ▶ Horisontal avstand fra den skjermende åsen eller skråningens topp til byggestedet er mindre enn 15 ganger nivåforskjellen mellom de to punktene.
- ▶ Avstanden x (se NA.4.3.3 (901.2.1)) oppfylder kravet $x > 1,5k_{virk}L_H$.

Lesiden av bratt terreng

Ved byggested på lesiden av bratt terreng ($> 30^\circ$) kan terrengformfaktor og turbulensfaktor velges blant følgende kombinasjoner. Se EC1-1-4 punkt NA.4.3.3(901.4) og tilhørende figurer for mer informasjon.

Bratt, fallende terreng i vindretningen genererer særlig sterk turbulens på byggestedet. Dersom avstanden på lesiden av byggestedet til det bratte terrenget er mindre enn $15H$, bestemmes en gjennomsnittlig helningsvinkel. Dersom den er større enn 30° kan terrengformfaktor og turbulensfaktor hentes fra figurene NA.4 (901.5) og NA.4 (901.6).

Når denne terrengformen benyttes, krever NA.4.3.3(901.4), siste setning, at terrengkategori II skal benyttes. Programmet gir derfor en feilmelding dersom bruker angir noe annet. Dette inkluderer også eventuell overgangssone.

H	Høydeforskjellen mellom det høyeste nivået og foten ved det bratte terrenget.
-----	---

Modifisert terrengformfaktor

Dersom byggestedet ligger nær toppen av en ås eller skråning som selv ligger på lesiden av en annen ås eller skråning, benyttes en modifisert terrengformfaktor. Denne modifiseringen kan benyttes uavhengig av valgt terrengform.

$$c'_0(z) = 1 + [c_0(z) - 1]e^{-\left(\frac{12H_0^2}{HL}\right)}$$

For frittliggende ås eller skråning skal $c'_0(z) \leq c_0(z)$. Dersom c_0 er beregnet basert på EC1-1-4 kapittel NA.4.3.3(901.3.2) eller NA.4.3.3(901.4) blir derimot alltid $c'_0(z) \geq c_0(z)$, og det vil dermed være en konservativ vurdering dersom bruker velge å inkludere modifiseringen av terrengformfaktoren.

$c_0(z)$	Terrengformfaktor bestemt for byggestedet uten hensyn til eventuelle andre åser på vindsiden.
H	Høyden i vindvektorplanet av åsen på byggestedet.
H_0	Høyden i vindvektorplanet av den skjermende åsen på vindsiden. Dersom åsen på vindsiden er høyere enn åsen på byggestedet, settes $H_0 = H$.
L	Horisontal avstand mellom punktene H og H_0 .

Vindkasthastighet

Vindkasthastigheten er gitt av følgende uttrykk.

$$v_p(z) = v_m(z)\sqrt{c_t(z)}$$

Der

$$c_t(z) = 1 + 7I_v(z)$$

Norsk tillegg: $1 + 2k_p I_v(z)$, der $k_p = 3,5$.

Turbulensintensiteten, $I_v(z)$, er definert i kapittel «Turbulensintensitet».

Turbulensintensitet

Turbulensintensiteten ved høyde z er definert som

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)}$$

Norsk tillegg: Kan modifiseres ved overgangssoner. Se kapittel «Overgangssone i Norge».

Der σ_v er standardavviket gitt som

$$\sigma_v = k_r v_b k_I$$

$$k_I = 1,0$$

Norsk tillegg: Verdi settes lik 1,0 dersom ikke annet følger av regler i NA. Se kapittel «Terrengform i Norge».

Setter vi inn for formlene kan turbulensintensiteten beregnes som følger for en høyde $z_{min} \leq z \leq z_{max}$. For høyder lavere enn z_{min} benyttes $I_v(z) = I_v(z_{min})$.

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

Overgangssone i Norge

Turbulensintensiteten kan påvirkes av endring i ruhet (overgangssoner) i henhold til EC1-1-4 NA.4.3.2(2) (901.2.2). Dette kan beregnes med følgende formel.

$$I_v(z) = \frac{I_{v,A}(z)v'_{m,A}(z)\left(1 - \frac{x_B}{10}\right) + I_{v,B}(z)v'_{m,B}(z)\frac{x_B}{10}}{v'_m(z)}$$

Der $v'_m(z)$, $v'_{m,A}(z)$, $v'_{m,B}(z)$ og x_B er definert i kapittel «Overgangssone i Norge», og

$$I_{v,A}(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \ln\left(\frac{z}{z_{0,A}}\right)} = \frac{k_{r,A}v_b k_I}{c_o(z)v'_{m,A}(z)}$$

$$I_{v,B}(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \ln\left(\frac{z}{z_{0,B}}\right)} = \frac{k_{r,B}v_b k_I}{c_o(z)v'_{m,B}(z)}$$

Uttrykket for turbulensintensitet kan da skrives som

$$I_v(z) = \frac{\sigma_{v,AB}}{v'_m(z)} = \frac{k_{r,AB}v_b k_I}{v'_m(z)}$$

Der

$$k_{r,AB} = k_{r,A}\left(1 - \frac{x_B}{10}\right) + k_{r,B}\frac{x_B}{10}$$

Middelvindhastighet i overgangssone, $v_m(z)$, er beregnet med terrengformfaktor (se kapittel «Overgangssone i Norge»). Vi ender altså opp med en enkel formel, tilsvarende formel (4.7) i EC1-1-4, for turbulensintensitet i overgangssone. Legg merke til at det er kun ruhet som interpoleres i formelen.

$I_{v,A}$ Turbulensintensiteten for område A. Det antas at område B ikke er påvirket av A.

$I_{v,B}$ Turbulensintensiteten for område B. Det antas at område B ikke er påvirket av A.

Vindhastighetstrykk (EC1-1-4: 4.5)

Vindhastighetstrykk beregnes generelt som

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Der q er beregnet vindhastighetstrykk, ρ er luftens tetthet, og v er vindhastigheten. Vi kan da beregne vindhastighetstrykket basert på de forskjellige vindhastighetene. Basisvindhastighetstrykket er gitt som

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Middelvindhastighetstrykket er

$$q_m(z) = \frac{1}{2} \rho v_m^2(z)$$

Og vindkasthastighetstrykket er gitt som

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \rho v_p^2(z) = c_t(z) q_m(z)$$

Norsk tillegg: $q_p(z) = [1 + 2k_p I_v(z)] q_m(z)$, der $k_p = 3,5$.

Eksponeringsfaktoren beregnes som

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

Luftens densitet er avhengig av temperatur, høyde over havet og lufttrykket. Normalt benyttes $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$, men programmet vil gi brukeren mulighet til å overstyre denne verdien dersom det anses nødvendig å ta hensyn til effekter som temperatur, høyde over havet og/eller lufttrykket.

Norsk tillegg: Samme som standard.

Formfaktorer for bygninger (EC1-1-4: 7.2)

Formfaktorer benyttes for å beregne overflatevindtrykket på bygninger. Programmet regner alltid med både innvendig og utvendig vindtrykk, som skal forutsettes å virke samtidig. Vi har formfaktorer for både det utvendige og innvendige vindtrykket. I dette programmet er kun rektangulære bygninger støttet.

Dersom minst to sider av bygningen har åpninger i hver side som er mer enn 30% av arealet av denne siden, skal vindpåvirkninger på konstruksjonen beregnes som frittstående tak og vegger (EC1-1-4: 7.2.9(2)).

Norsk tillegg: Samme som standard.

Utvendig vindtrykk

Den utvendige formfaktoren er avhengig av størrelsen på det belastede arealet A som vindpåvirkningen skal beregnes for. Det vil si at arealet er definert som området innenfor den betraktede sonen. Faktoren beregnes som

$$c_{pe} = \begin{cases} c_{pe,1} & A \leq 1\text{m}^2 \\ c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A & 1\text{m}^2 < A < 10\text{m}^2 \\ c_{pe,10} & A \geq 10\text{m}^2 \end{cases}$$

Norsk tillegg: Samme som standard.

Der $c_{pe,1}$ og $c_{pe,10}$ er formfaktorer for areal på henholdsvis 1 og 10 kvadratmeter. Verdiene er gitt i tabellene 7.1 til 7.5 i EC1-1-4, avhengig av hvilken del og type av bygning som betraktes.

Merk at programmet beregner lasttilfeller for alle faktorene, slik at bruker har vindlaster for fasadeelementer på mindre enn 1 m² og for bærekonstruksjonen (større enn 10m²), samt et brukerdefinert areal A (mellom 1 og 10 m²).

Ved eventuelle takframspring er trykket på undersiden lik trykket for sonen på veggen ved takframspringet, og trykket på oversiden er lik trykket for sonen som er definert for taket.

Utvendig vindtrykk er avhengig av vindretning og vil fordeles over konstruksjonsdelen i aktuelle soner. Soneinndeling benytter en mellomberegningsverdi, gitt som

$$e = \min \left\{ \begin{array}{l} b \\ 2h \end{array} \right.$$

Der h er største mønehøyde på bygget (uten parapet), b er bygningens bredde målt på tvers av vindretning, og d er lengden på bygget målt i vindretning. Se underkapitler for mer informasjon om denne verdien og hvordan den benyttes for de forskjellige delene av en bygning.

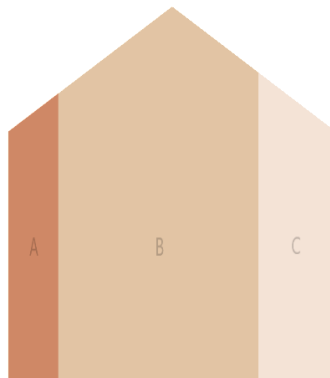
Følgende taktyper er støttet i denne versjonen:

- ▶ Flatt tak
- ▶ Pulttak
- ▶ Sal- og traутak
- ▶ Valmtak

Vegger

Soneinndeling av veggene på en rektangulær bygning gjøres i henhold til Figur 7.5 i EC1-1-4, og formfaktorene for hver sone hentes fra Tabell 7.1.

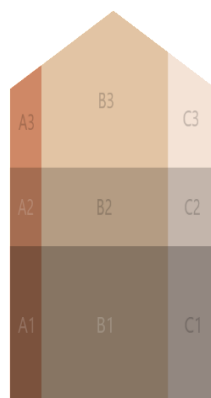
Norsk tillegg: Samme som standard.



Dersom $h/d > 5$ benytter programmet verdiene som gjelder for $h/d = 5$, og det gis en advarsel. Merk at for høye slanke bygninger kan vindkrefter beregnes med kraftfaktor i henhold til kapittel «Konstruksjonsdeler».

Referansehøyde

For vertikale vegger er referansehøyden avhengig av sideforholdet, og kan variere i høyden. Dette gjøres i henhold til Figur 7.4 i EC1-1-4.



Merk at z_{min} kan påvirke vindtryksintensiteten i de forskjellige vertikale sonene på veggen, og i praksis gi hele eller deler av veggen konstant intensitet også over $z = b$.

Vi har følgende vertikale soner:

- ▶ Dersom $h \leq b$
 - Referansehøyden er lik h , og trykket er konstant i høyden.
- ▶ Dersom $b < h \leq 2b$
 - Nederste sone med en referansehøyde lik b .
 - Øverste sone (resterende av veggen) har referansehøyde lik h .
 - Trykkene er konstant i de to sonene.

- ▶ Dersom $h > 2b$
 - Nederste sone med en referansehøyde lik b .
 - Øverste sone med referansehøyde lik h , med en lengde som nederste sone (b).
 - Resterende område i midten av veggen vil ha en kontinuerlig varierende intensitet over høyden.
 - Det er opp til bruker å velge hvor mange diskretiseringer som beregnes. Som standard vises kun én, der $z = h - b$.

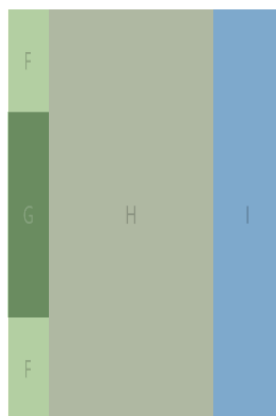
Merk at dette gjelder kun for vertikale veggen på losiden av bygningen (sone D). For lesiden og sideveggene benyttes en referansehøyde lik høyden på bygningen (h), med konstant trykk langs høyden til veggen.

Norsk tillegg: Soneinndeling langs høyden til veggen på losiden i henhold til Figur 7.4 gjelder for alle sider av bygningen.

Flate tak

Flate tak er definert som å ha en takvinkel på $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$. Soneinndeling gjøres i henhold til Figur 7.6 i EC1-1-4, og formfaktorene for hver sone hentes fra Tabell 7.2. Resultantformfaktoren for en eventuell parapet bestemmes i henhold til EC1-1-4: 7.4.

Norsk tillegg: (A1:2010) Antatt samme som standard.



Referansehøyden er gitt som

$$z_e = \begin{cases} h & \text{uten parapet} \\ h + h_p & \text{med parapet} \end{cases}$$

Formfaktorene er avhengig av takavslutning (se Tabell 7.2). Programmet støtter skarp takavslutning, med og uten parapet. Dersom takavslutning med parapet er valgt, vil det benyttes lineær interpolasjon for mellomliggende verdier av h_p/h . For $h_p < 0,025h$ interpoleres det mellom verdiene for skarp takavslutning og verdiene for $h_p = 0,025h$. Høyden til parapeten er (basert på verdier i Tabell 7.2) begrenset til

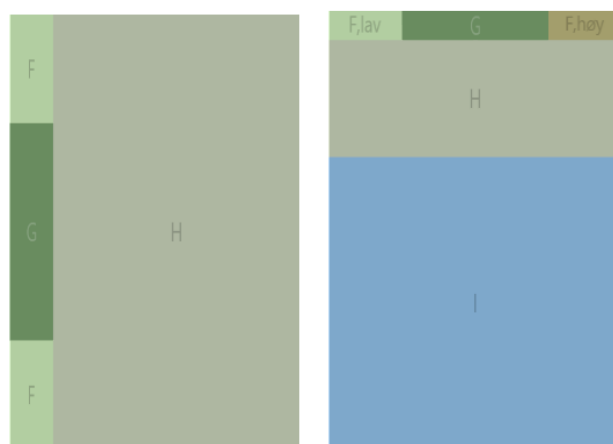
$$h_p \leq 0,1h$$

Legg merke til at sone I har to verdier av formfaktoren (positiv og negativ). I henhold til Tabell 7.2 Merknad 3 skal begge verdier vurderes. Programmet gjør dette ved å generere lasttilfeller for hver av verdiene.

Pulttak

Soneinndeling gjøres i henhold til Figur 7.7 i EC1-1-4, og formfaktorene for hver sone hentes fra tabellene 7.3a og 7.3b. Referansehøyden er lik høyden til bygningen h . Merk at for pulttak er formfaktorene gitt for vindretningene $\theta = 0^\circ$, $\theta = 90^\circ$ og $\theta = 180^\circ$.

Norsk tillegg: (A1:2010) Antatt samme som standard.



For vindretning $\theta = 90^\circ$ og $\theta = 180^\circ$ er alle formfaktorer negative, men for vindretning $\theta = 0^\circ$ (for takvinkel opp til 45°) er det gitt både positive og negative verdier. I henhold til Tabell 7.3b, Merknad 1, skal det da vurderes to lasttilfeller – ett med kun positive verdier, og ett med kun negative verdier. Blanding av positive og negative verdier er ikke tillatt.

$$\begin{aligned} \text{Lasttilfelle med positive verdier} & \quad 5^\circ < \alpha \leq 75^\circ \\ \text{Lasttilfelle med negative verdier} & \quad 5^\circ \leq \alpha < 45^\circ \end{aligned}$$

Det benyttes lineær interpolasjon for mellomliggende takvinkler mellom verdier med samme fortegn (Tabell 7.3b, Merknad 2). Legg merke til at tabellen har lagt inn 0 der relevant for interpolasjonsberegning.

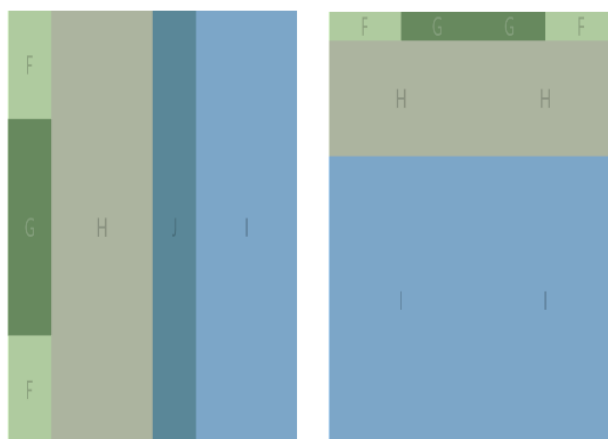
Dersom takvinkel er mindre enn 5° skal taket beregnes som flatt tak i henhold til EC1-1-4: 7.2.3. Ellers er takvinkel begrenset til følgende.

$$5^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$$

Sal- og traутak

Soneinndeling gjøres i henhold til Figur 7.8 i EC1-1-4, og formfaktorene for hver sone hentes fra tabellene 7.4a og 7.4b. Referansehøyden er lik høyden til bygningen h . Merk at for sal- og traутak er formfaktorene gitt for vindretningene $\theta = 0^\circ$ og $\theta = 90^\circ$.

Norsk tillegg: (A1:2010) Antatt samme som standard.



På samme måte som for pulttak vil vindretning $\theta = 0^\circ$ gi både positive og negative formfaktorer på sal- og traутak med takvinkel -5° til 45° . For hver side av takvinkel (loside og leside) skal det beregnes ett tilfelle med kun positive verdier og ett tilfelle med kun negative verdier. Så skal disse kombineres for opprettelse av totalt fire lasttilfeller.

I tabellen for takvinkel 5° , sone I, er det kun gitt negativ formfaktor. Dette gir lite mening da Merknad 1 sier tydelig at blanding av positive og negative verdier ikke er tillatt på samme side. Programmet benytter $+0,2$ for sone I når $+0,2$ brukes for sone J. Legg merke til at dette er også en endring som er gjort i kommende versjon av EC1-1-4.

Det benyttes lineær interpolasjon for mellomliggende takvinkler mellom verdier med samme fortegn (Tabell 7.4a, Merknad 2). I henhold til Merknad 2 har tabellen lagt inn 0 der relevant for interpolasjonsberegning. For takvinkel -15° er det ikke lagt inn 0, selv om takvinkel -5° har en positiv formfaktor større enn 0 ($+0,2$). For å gi fornuftige formfaktorer for takvinkler mellom -5° og -15° (interpolasjon) benytter programmet formfaktor 0 for sone I og J for takvinkel -15° .

Dersom takvinkel er mellom -5° og 5° skal taket beregnes som flatt tak i henhold til EC1-1-4: 7.2.3. Ellers er takvinkel begrenset til følgende.

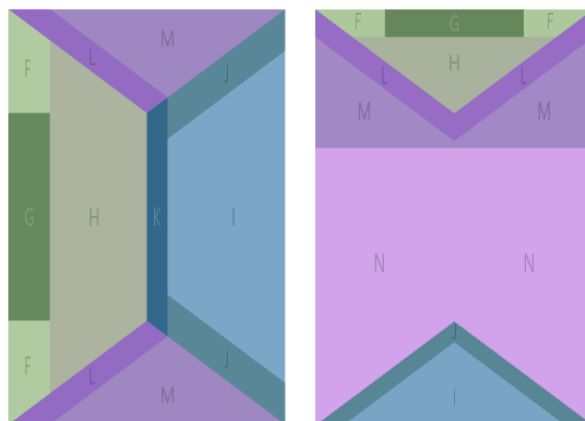
$$-45^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$$

Valmtak

Soneinndeling gjøres i henhold til Figur 7.9 i EC1-1-4, og formfaktorene for hver sone hentes fra Tabell 7.5. Referansehøyden er lik høyden til bygningen h . Merk at for valmtak er formfaktorene gitt for vindretningene $\theta = 0^\circ$ og $\theta = 90^\circ$. I Tabell 7.5 benyttes tilhørende takvinkel for de forskjellige vindretningene (se Figur 7.9). Takvinkel på losiden vil alltid styre formfaktorene.

Norsk tillegg: (A1:2010) Antatt samme som standard.

$$\begin{aligned} \alpha_0 & \text{ for } \theta = 0^\circ \text{ og } \theta = 180^\circ \\ \alpha_{90} & \text{ for } \theta = 90^\circ \text{ og } \theta = 270^\circ \end{aligned}$$



Legg merke til at sone M i Tabell 7.5 har tilsynelatende kun verdier for $c_{pe,10}$, og sone N har to kolonner for $c_{pe,1}$. Det er antatt det er en feil i tabellen og programmet bruker første kolonne i sone N som verdier for $c_{pe,1}$ for sone M.

På samme måte som for pulttak beregnes det både positive og negative formfaktorer på losiden (sone F, G, og H) på valmtak med takvinkel 5° til 45° . Det benyttes lineær interpolasjon for mellomliggende takvinkler mellom verdier med samme fortegn (Tabell 7.5, Merknad 2). Legg merke til at tabellen har lagt inn 0 der relevant for interpolasjonsberegning.

I Merknad 1 i Tabell 7.5 er «ved $\theta = 0^\circ$ » tolket til å være «på losiden». Programmet benytter derfor positive og negative verdier for $\theta = 90^\circ$ også. Dette er konservativt, ved at programmet oppretter flere lasttilfeller, og det er opp til bruker hvilke lasttilfeller som benyttes videre.

Programmet støtter ikke takvinkler mindre enn 5° , da dette skal beregnes som flatt tak i henhold til EC1-1-4: 7.2.3. Ellers er takvinkel begrenset til følgende.

$$5^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$$

Innvendig vindtrykk

Beregning av innvendig vindtrykk er avhengig av areal og plassering av alle byggets mulige åpninger. Programmet støtter åpninger i fasader, mens åpninger i tak ikke er mulig. Ettersom åpninger i mange tilfeller kan være enten åpne eller lukket (f.eks. vinduer og dører), har vi for hver side av bygget både et største og et minste areal av mulige åpninger ($A_{o,max}$ og $A_{o,min}$). For hver vindretning beregnes en største og minste mulige indre formfaktor, $c_{pi,max}$ og $c_{pi,min}$, ved å se på alle mulige kombinasjoner av arealer for hver av sidene på bygget (totalt 16 kombinasjoner).

For situasjoner uten dominerende fasade kan bruker velge mellom å manuelt angi en minimums- og maksimumsverdi i henhold til EC1-1-4: 7.2.9(6), Merknad 2, eller å beregne c_{pi} i henhold til EC1-1-4: 7.2.9(6). Dersom verdiene angis manuelt, anbefaler standarden å benytte følgende verdier:

$$c_{pi,max} = 0,2$$

$$c_{pi,min} = -0,3$$

I denne situasjonen bruker programmet z_i som den største referansehøyden på bygningen ($z_{e,max}$).

Resten av dette kapitlet beregner c_{pi} for en gitt vindretning, og ett bestemt areal på åpningene, $A_{o,j}$, og øverste punkt på åpningene, $z_{e,o,j}$, for hver av sidene (med indeks j).

Det innvendige trykket er avhengig om det er en dominerende fasade på bygningen. En fasade er normalt den dominerende når arealet på denne fasaden er minst to ganger arealet av åpninger i de andre fasadene (EC1-1-4: 7.2.9(4)).

$$\mu_{dom} = \frac{A_{o,j,max}}{A_o - A_{o,j,max}}$$

Der

$$A_{o,j,max} = \max(A_{o,j})$$

$$A_o = \sum A_{o,j}$$

Dersom $\mu_{dom} \geq 2$ skal siden med $A_{o,j,max}$ regnes som dominerende, ellers skal innvendig vindtrykk beregnes uten dominerende fasade.

Det er antatt at det innvendige trykket virker på alle ytre fasader og tak samtidig, altså at partisjoner av innvendig bygning og skillevegger ikke påvirker innvendig trykk (EC1-1-4: 7.2.9(6), Merknad 1). Dette gjelder både med og uten en dominerende fasade.

Merk at åpninger i et bygg også inkluderer bakgrunnslekkasjer, som typisk utgjør 0,01% til 0,1% av arealet til fasaden (se merknad i punkt 7.2.9(2) i EC1-1-4). Merk også at programmet ikke inkluderer åpninger i tak, men at dette ofte kan tilnærmes godt ved å kompensere på angitte data for åpninger på hver av de 4 sidene.

For åpne siloer, skorsteiner og ventilerte tanker er det angitt egne verdier for c_{pi} i EC1-1-4: 7.2.9(8). Dersom dette er relevant, bør bruker velge å angi c_{pi} manuelt, og overstyre med riktig verdi.

Dominerende fasade

For situasjoner med en dominerende fasade regnes innvendig formfaktor som

$$c_{pi} = c_{\mu} c_{pe,dom}$$

Der

$$c_{\mu} = 0,45 + 0,15\mu_{dom} \leq 0,9$$

Formfaktor for det utvendige trykket, $c_{pe,dom}$, hentes fra den dominerende fasaden. Bruker kan velge om denne skal beregnes som en arealveid gjennomsnittsverdi fra de ulike sonene på fasaden, eller om programmet skal beregne en c_{pi} for hver av de utvendige sonene. Sistnevnte løsning gir i praksis opphav til en $c_{pi,min}$ og $c_{pi,max}$ for den betraktede situasjonen, mens en arealveid gjennomsnittsverdi beregnes som

$$c_{pe,dom} = \frac{\sum c_{pe,dom,S} A_{dom,S}}{A_{dom}}$$

Der $A_{dom,S}$ er arealet, og $c_{pe,dom,S}$ den utvendige formfaktoren, for sone S på den dominerende fasaden, mens A_{dom} er fasadens totale areal.

Referansehøyden for det innvendige vindtrykket, z_i , settes lik $z_{e,o}$ for den dominerende fasaden, i henhold til EC1-1-4 punkt 7.2.9(7).

Uten dominerende fasade

Uten dominerende fasade er beregning av c_{pi} basert på høydeforholdet h/d og åpningsforholdet μ for hver vindretning (EC1-1-4: 7.2.9(6)). Åpningsforholdet beregnes som

$$\mu = \frac{A_o - A_{o,D}}{A_o}$$

Der $A_{o,D}$ er arealet av åpninger i fasaden på losiden (fasaden der utvendig formfaktor hentes fra sone D). Dersom $\mu < 0,33$ er åpningsforholdet utenfor gyldighetsområdet til standarden, og programmet gir en feilmelding.

Den innvendige formfaktoren beregnes i henhold til Figur 7.13, der det brukes lineær interpolasjon for mellomliggende verdier av høydeforholdet.

Referansehøyden for det innvendige vindtrykket, z_i , settes til den største $z_{e,o}$ for fasadene som ved sine åpninger bidrar til å denne det innvendige trykket, i henhold til EC1-1-4 punkt 7.2.9(7). Her antas det at *positive* verdier på c_{pi} kommer som en følge av positive verdier på c_{pe} , og programmet benytter derfor den $z_{e,o}$ som er angitt for fasaden på losiden av bygget (den eneste med positiv c_{pe}). Tilsvarende vil z_i for *negative* verdier på c_{pi} settes lik største $z_{e,o}$ for fasadene med negativ c_{pe} .

Resulterende formfaktorer

Resulterende formfaktorer benyttes for å beregne største lokale vindtrykk på frittstående tak og vegger. Denne formfaktoren tar hensyn til vindtrykk på begge sider av overflaten, altså det beregnede vindtrykket er et nettotrykk.

Frittstående tak (EC1-1-4: 7.3)

Et frittstående tak er definert som taket på en konstruksjon som ikke har permanente vegger. Her beregnes både totale kraftfaktorer som representerer resultantkraften, og resulterende formfaktor som representerer det største lokale trykket. Merk at denne formfaktoren tar hensyn til vind som virker på både over- og undersiden av frittstående tak. Referansehøyden settes lik h (se Figur 7.16 og Figur 7.17).

Plassering av resultantkraften gjøres i henhold til figurene 7.16 (pulttak) og 7.17 (saltak), der sentrum av trykket settes i en avstand $d/4$ fra losiden for pulttak og i senter av den enkelte takoverflate for saltak.

Norsk tillegg: (A1:2010) Antatt samme som standard.

Figurene for soneinndeling i standarden viser overlappende områder for sone B og C. Programmet behandler disse som sone B. Dette er underbygget av figurer i kommende versjon av EC1-1-4.

Frittstående tak beregnes kun for én vindkasthastighet, som antas å gjelde for alle retninger. De resulterende formfaktorene er da oppgitt å gjelde uavhengig av vindretning (EC1-1-4 punkt 7.3(5)), mens beregnet vindkraft gjelder for vind på tvers av angitt takform (som vist f.eks. på Figur 7.15 i EC1-1-4).

For mellomliggende verdier i tabellene benyttes lineær interpolasjon, der det alltid interpoleres på blokkeringsgrad før eventuell interpolasjon på takvinkel. Merk at for saltak er takvinkler mellom -5 og 5 grader ikke støttet, da Tabell 7.7 i EC1-1-4 ikke angir noen verdier for disse. Det er antatt at samme begrensning gjelder her som for bygninger, at disse skal regnes som flate tak.

Merk at det ikke beregnes resulterende vindkraft for frittstående tak basert på vindtrykk, og følgelig vil det ikke beregnes friksjonskraft. Total vindkraft beregnes med kraftfaktor (friksjon er inkludert i faktor).

Blokkeringsgrad

Faktorene er avhengig av grad av blokkering, φ , som er definert som forholdet av det sperrede arealet under taket dividert med tverrsnittsarealet under taket.

$$\varphi = \begin{cases} 0 & \text{uten blokkering} \\ 1 & \text{full blokkering på losiden} \end{cases}$$

Programmet beregner resulterende formfaktor og kraftfaktor for både maksimum vindlast (uavhengig av blokkeringsgrad) og minimum vindlast for et utvalg av blokkeringsgrader.

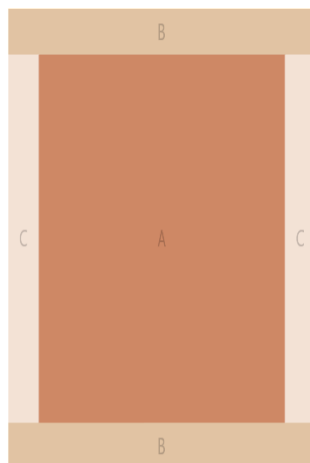
Pulttak

Form- og kraftfaktor bestemmes for pulttak i henhold til Tabell 7.6 og Figur 7.16. Referansearealet for beregning av total vindkraft er arealet til hele taket, i.e.

$$A_{ref} = bd$$

$$d = \frac{d_g}{\cos(\alpha)}$$

Der d_g er den horisontale brukerdefinert bredden av frittstående tak parallelt med vinden.

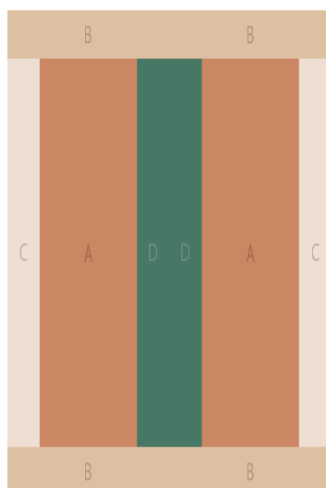


Sal- og traутak

Form- og kraftfaktor bestemmes for saltak (og traутak) i henhold til Tabell 7.7 og Figur 7.17. Referansearealet for beregning av total vindkraft per sideflate er arealet til den aktuelle sideflaten. Programmet støtter kun symmetriske sal- og traутak, så referansearealet kan beregnes som

$$A_{ref} = \frac{bd}{2\cos(\alpha)}$$

I henhold til EC1-1-4: 7.3(6) skal frittstående sal- eller traутak dimensjoneres for én takflate med største eller minste last samtidig med at den andre takflaten er uten last, i tillegg til at lasten virker på begge takflatene samtidig (se også Figur 7.17).



Frittstående vegger (EC1-1-4: 7.4)

For frittstående vegger, parapeter, rekkverk og skilt beregnes resultantformfaktoren $c_{p,net}$, og er avhengig av massivetsforholdet (se kapittel «Massivetsforholdet»). Et forhold mindre enn 0,8 vil gi feilmelding, da det skal behandles som fagverk. Merk at det ikke beregnes resulterende vindkraft for frittstående vegger, og følgelig vil det ikke beregnes friksjonskraft.

Programmet regner alltid på vind som kommer skrått inn på enden av veggen, som vist i Figur 7.19 i EC1-1-4. Både med og uten returhjørner er det viktig å være klar over at lastene som beregnes også vil kunne virke inn fra den andre siden av veggen, som følge av vind skrått ovenfra for vegger uten returhjørner, og rett ovenfra for vegger med returhjørner. Intensiteten til disse lastene vil være nøyaktig de samme, og blir derfor ikke særskilt beregnet av programmet.

Formfaktorer for vegger og parapeter er gitt i EC1-1-4: Tabell 7.9, der soneinndelingen er definert i Figur 7.19. Merk at faktoren er avhengig av massivetsforholdet og om det er returhjørner eller ikke.

Norsk tillegg: Samme som standard.



I Tabell 7.9 benyttes lineærinterpolasjon i 3 omganger for å finne $c_{p,net}$. Dette skjer i følgende rekkefølge:

1. Massivetsforhold 1, uten returhjørner, interpoler på forholdet l/h .
2. Massivetsforhold 1, med returhjørner med lengde $< h$, interpoler på lengden på returhjørnet mot verdi fra punkt 1.
3. Interpoler på massivetsforhold mellom 0,8 og 1,0, der verdi for 1,0 hentes fra punkt 2.

Referansehøyden for frittstående vegger settes til h , og for parapeter i bygninger $h + h_p$.

Beregningene resulterer i 2 lasttilfeller.

- ▶ Tilfelle 1 ser på starten av veggen, og har sone A på venstre side.
- ▶ Tilfelle 2 ser på slutten av veggen, og har sone A på høyre side.

Merk at begge lasttilfellene kan virke på den ene eller den andre siden av veggen, og må sånn sett tolkes som 4 lasttilfeller. Beregningene av tilfellene er uavhengig av hverandre, og utføres ved å betrakte vind som kommer skrått inn på den aktuelle enden av veggen, i henhold til Figur 7.19. Det er opp til bruker å vurdere eventuelle forsterkningseffekter som følge av returhjørne i begge ender av veggen.

Skjerming av frittstående vegg i henhold til EC1-1-4: 7.4.2 er ikke støttet i første omgang.

Kraftfaktorer

Kraftfaktorer benyttes til å beregne resulterende vindkraft på en konstruksjon. Legg merke til at kraftfaktorer ikke har noen soneinndeling og at friksjonskrefter er inkludert i faktoren.

Konstruksjonsdeler

Kraftfaktoren for konstruksjonsdeler er generelt gitt som

$$c_f = c_{f,0} \psi_r \psi_\lambda$$

Referansehøyden, z_e , er lik den største høyden over terrenget for det aktuelle tverrsnittet.

Referansearealet er gitt som

$$A_{ref} = lb$$

Merk at kapittel 7.2.2 Merknad 2 i EC1-1-4 åpner opp for at det kan beregnes vindkraft fra kraftfaktor for bygninger med $h/d > 5$.

$c_{f,0}$	Kraftfaktor uten fri omstrømning ved endene
ψ_r	Reduksjonsfaktoren for kvadratiske tverrsnitt med runde hjørner. For andre typer tverrsnitt/konstruksjonsdeler benyttes $\psi_r = 1,0$.
ψ_λ	Endeeffekt faktoren for konstruksjonsdeler (se kapittel «Endeeffekt faktor (EC1-1-4: 7.13)»).
l	Lengden på konstruksjonsdelen som vurderes.
b	Bredde av konstruksjonsdelens tverrsnitt på tvers av vindretning. For polygonale tverrsnitt er b diameteren på den omskrevne sirkel (se Figur 7.26).
d	Bredde av konstruksjonsdelens tverrsnitt parallelt med vindretning.

Rektangulære tverrsnitt (EC1-1-4: 7.6)

Kraftfaktor, $c_{f,0}$, for rektangulære tverrsnitt med skarpe hjørner og uten fri omstrømning ved endene er gitt i Figur 7.23, der mellomliggende verdier beregnes med lineær logaritmisk interpolasjon.

Reduksjonsfaktoren, ψ_r , bestemmes i henhold til Figur 7.24 for kvadratiske tverrsnitt. Merk at tallene i figuren er relatert til forhold med lav turbulens, men de antas å være på sikker side.

Norsk tillegg: Samme som standard.

Skarpe kanter (EC1-1-4: 7.7)

For konstruksjonsdeler med skarpe kanter er kraftfaktoren gitt som

$$c_{f,0} = 2,0$$

Norsk tillegg: Samme som standard.

Regulært polygonalt tverrsnitt (EC1-1-4: 7.8)

Kraftfaktor, $c_{f,0}$, for regulært polygonalt er gitt i Tabell 7.11.

Norsk tillegg: Samme som standard.

Viktige merknader til programmets håndtering av tabellen:

- ▶ Faktoren er avhengig av type overflate og hjørne (brukerdefinert), og Reynolds-tall, Re , der $v = v_m$ (se kapittel «Reynolds-tall (EC1-1-4: 7.9.1)»).
- ▶ Det opplyses ikke hvordan mellomliggende verdier for Re skal håndteres for åttekantede tverrsnitt. Programmet benytter her lineær interpolasjon mellom de oppgitte verdiene i tabellen.
- ▶ For tverrsnitt med 12 flater opplyses det ikke hvilken verdi som skal benyttes for $Re = 4 * 10^5$. Programmet benytter her $c_{f,0} = 1,30$.
- ▶ For tverrsnitt med minst 12 flater er mulig å havne utenfor tabellens gyldighetsområde med tanke på Reynolds-tall. Dette fører til en feilmelding på inndata, og støttes ikke av programmet.

Sirkulære sylindere (EC1-1-4: 7.9)

Kraftfaktoren $c_{f,0}$ er gitt i Figur 7.28. Merk at faktoren er avhengig av Reynolds-tall der $v = v_p$ (se kapittel «Reynolds-tall (EC1-1-4: 7.9.1)»). Merk at for flertrådede kabler skal man bruke $c_{f,0} = 1,2$ for alle verdier av Reynolds-tall (EC1-1-4: 7.9.2(3)). Dette må i så fall angis av bruker ved å overstyre $c_{f,0}$ manuelt.

For $Re < 10^5$ benyttes $c_{f,0} = 1,2$.

Ekvivalent overflateruhet, k , er gitt i Tabell 7.13. Merk at for gamle overflater kan det nasjonale tillegget overstyre overflateruheten, men for nye overflater benyttes Tabell 7.13 som i standardversjonen.

Norsk tillegg: (A1:2010) Antatt samme som standard.

For flertrådede kabler skal man bruke $c_{f,0} = 1,2$ for alle verdier av Reynolds-tall (EC1-1-4: 7.9.2(3)). Programmet tilbyr dette valget som en type overflate.

Legg merke til at for sylindere nær en plan flate er det nødvendig med spesielle undersøkelser (EC1-1-4: 7.9.2(6)). Dette er ikke hensyntatt i ISY Design.

Spesielle konstruksjoner

Fagverk og stilas (EC1-1-4: 7.11)

Kraftfaktor for fagverkskonstruksjoner og stillaser med parallelle stenger er gitt som

$$c_f = c_{f,0} \psi_\lambda$$

Kraftfaktoren $c_{f,0}$ beregnes for plane fagverk i henhold til EC1-1-4, punkt 7.11, Figur 7.33. Beregning av romlige fagverk (Figur 7.34) eller plane fagverk med staver med sirkulært tverrsnitt (Figur 7.35) er ikke støttet i denne versjonen av programmet.

Endeeffekt faktoren ψ_λ bestemmes etter reglene gitt i kapittel «Endeeffekt faktor (EC1-1-4: 7.13)». Merk her at faktoren beregnes med l og bredde $b = d$ (se Figur 7.32).

For stillaser uten lufttette innrettinger og påvirket av luftstrømshindringer på grunn av massive bygninger kan en reduksjonsfaktor benyttes (EC-1-1-4, punkt 7.11, Merknad 2). Programmet tar ikke hensyn til dette, og det er opp til bruker å ta hensyn til denne.

Referansehøyden er lik den største høyden over terrenget for det aktuelle elementet, og referansearealet er gitt som

$$A_{ref} = A = \varphi dl$$

Der φ er massivitetsforholdet (se kapittel «Massivitetsforholdet» for mer informasjon).

Skilt (EC1-1-4: 7.4.3)

Kraftfaktoren for vindkraft på skilt er gitt som

$$c_f = 1,80$$

Dersom $z_g < h/4$ og $b/h > 1$ skal skiltet behandles som frittstående vegg.

Resultantkraften vinkelrett på skiltet har angrepspunkt i sentrum av skiltet med en horisontal eksentrisitet lik

$$e = \pm 0,25b$$

Norsk tillegg: Samme som standard.

For skilt er referansehøyde og -areal gitt med følgende formler.

$$z_e = z_g + \frac{h}{2}$$

$$A_{ref} = bh$$

Merk at instabiliteter på grunn av divergens og blafring bør undersøkes. Dette gjøres ikke i programmet.

h	Skiltets høyde.
b	Skiltets bredde.
z_g	Skiltets avstand fra terrenget målt fra underkant.
e	Resultantkraftens horisontale eksentrisitet fra sentrum av skiltet.

Flagg (EC1-1-4: 7.12)

Kraftfaktorer for flagg beregnes i henhold til Tabell 7.15 i EC1-1-4. Referansehøyden er flaggets høyde over bakken (EC1-1-4: 7.12(2)). Programmet benytter tyngdepunktet til flagget, på samme måte som for skilt, altså

$$z_e = z_g + \frac{h}{2}$$

Fastspent flagg

Fastspent flagg har et referanseareal og kraftfaktor gitt som

$$A_{ref} = hl$$

$$c_f = 1,8$$

Merk at det er kun rektangulært flagg som er støttet for fastspente flagg, og at vindkraften virker vinkelrett på flagget (planet).

h	Høyden på flagget.
l	Lengden på flagget.

Løst flagg

Løst flagg, enten rektangulært eller trekantet, omfatter dynamiske krefter fra effekten av at flagg blafrer. Kraftfaktoren er gitt som

$$c_f = 0,02 + 0,7 \frac{m_f}{\rho h} \left(\frac{A_{ref}}{h^2} \right)^{-1,25}$$

Der referansearealet er

$$A_{ref} = \begin{cases} hl & \text{for rektangulært flagg} \\ 0,5hl & \text{for trekantet flagg} \end{cases}$$

Legg merke til at for løst flagg så virker vindkraften i planet, altså i retning flagget blafirer.

m_f	Massen per arealenheter av flagget. Angis av bruker.
ρ	Lufttettheten (se kapittel «Vindhastighetstrykk (EC1-1-4: 4.5)»).

Generelle konstruksjoner

Referanseareal, A_{ref} , og kraftfaktor, c_f , angis av bruker, og det er derfor ingen behov for beregninger her.

Reynolds-tall (EC1-1-4: 7.9.1)

Formfaktorer for tverrsnitt er avhengig av Reynolds-tallet, Re , og kan beregnes som

$$Re = \frac{bv(z_e)}{\nu}$$

Der $v(z_e)$ er vindhastighet i referansehøyde z_e , b er bredden/diameteren, og ν er den kinematiske viskositeten for luft ($15 \cdot 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$). Legg merke til at vindhastigheten ved beregning av Reynolds-tallet er normalt vindkasthastigheten $v_p(z_e)$, men i noen tilfeller skal middelvindhastighet $v_m(z_e)$ benyttes (regulært polygonalt tverrsnitt).

Endeffektfaktor (EC1-1-4: 7.13)

Endeffekt faktoren bestemmes som funksjon av et slankhetsforhold λ . Verdiene gitt i dette kapitlet er basert på målinger i vindstrøm med lav turbulens.

Norsk tillegg: Effekt av turbulens vurderes i det enkelte prosjekt.

Endeffekt faktoren ψ_λ kan hentes fra Figur 7.36, og er avhengig av slankheten (Tabell 7.16) og massivitetsforholdet.

Norsk tillegg: De foreslåtte verdiene vurderes i det enkelte prosjekt.

Det utføres lineær logaritmisk interpolasjon mellom λ og ψ_λ for et gitt massivitetsforhold, φ . For mellomliggende verdier av massivitetsforholdet benyttes vanlig lineær interpolasjon.

For $\lambda < 1,0$ gis en feilmelding (advarsel) på inndata, med informasjon om at man er utenfor gyldighetsområdet til Figur 7.36, og at verdiene for ψ_λ som gjelder for $\lambda = 1,0$ vil bli benyttet. For $\lambda > 200$ benyttes $\psi_\lambda = 1,0$.

Slankhet

Effektiv slankhet beregnes for $l \leq 15 \text{ m}$ og $l \geq 50 \text{ m}$, før λ beregnes basert på disse avhengig av konstruksjonens lengde, l .

$$\lambda = \begin{cases} \lambda_{15} & l \leq 15 \text{ m} \\ \lambda_{50} & l \geq 50 \text{ m} \end{cases}$$

For mellomliggende verdier av l benyttes lineær interpolasjon mellom λ_{15} og λ_{50} .

For alle konstruksjonstyper der konstruksjonen ikke har fri ende (Nr. 4 i Tabell 7.16) er slankheten gitt som

$$\lambda_{15} = \max\left(\frac{l}{b}; 70\right)$$

$$\lambda_{50} = \max\left(0,7 \frac{l}{b}; 70\right)$$

For tilfelle nr. 1-3 i Tabell 7.16 skiller det på tverrsnittstype. For polygonale, rektangulære og skarpkantede tverrsnitt og fagverkskonstruksjoner er slankheten gitt som

$$\lambda_{15} = \min\left(2,0 \frac{l}{b}; 70\right)$$

$$\lambda_{50} = \min\left(1,4 \frac{l}{b}; 70\right)$$

For sirkulære sylindere er slankheten gitt som

$$\lambda_{15} = \min\left(\frac{l}{b}; 70\right)$$

$$\lambda_{50} = \min\left(0,7 \frac{l}{b}; 70\right)$$

Massivitetsforholdet

Massivitetsforholdet er gitt som

$$\varphi = \frac{A}{A_c}$$

Der A er summen av projeksjonsarealet av stavene, og A_c er det samlede omsluttende arealet lb (se Figur 7.37).

Vi har at summen av projeksjonsarealene av stavene ($b_i l_i$) og knuteplatene (A_{gk}) på flaten som er projisert vinkelrett på flaten er gitt som

$$A = \sum_i b_i l_i + \sum_k A_{gk}$$

I ISY Design angis massivitetsforholdet av bruker. Verdien benyttes i beregning av kraftfaktorer og endeeffektforhold for konstruksjonsdeler og fagverk/stillas. Merk at angitt massivitetsforhold normalt ikke påvirker referansearealet, A_{ref} , med unntak av for fagverk/stillas.

Konstruksjonsfaktoren (EC1-1-4: 6)

Konstruksjonsfaktoren $c_s c_d$ tar hensyn til vindpåvirkninger fra ikke-samtidige vindkasthastighetstrykk på overflaten (c_s) og svingninger i konstruksjonen som følge av turbulens (c_d). Faktoren kan deles inn i to separate faktorer.

Norsk tillegg: Konstruksjonsfaktoren består av produktet $c_s c_d$.

Konstruksjonsfaktoren kan settes til 1,0 dersom ett av følgende punkter gjelder (EC1-1-4: 6.2):

- ▶ Bygninger med høyde mindre enn 15 meter.
- ▶ Fasade og takelementer med egenfrekvens større enn 5 Hz.
- ▶ Rammekonstruksjoner med avstivende bærende vegger, lavere enn 100 meter og har en høyde mindre enn fire ganger bygningens dybde.
- ▶ Skorsteiner med sirkulære tverrsnitt med høyde mindre enn 60 meter og 6,5 ganger diameteren.

Bruker kan velge å angi faktoren manuelt eller beregne konstruksjonsfaktoren i henhold til detaljert prosedyre (EC1-1-4: 6.3). Merk at denne beregningen kan kun brukes dersom kravene i EC1-1-4: 6.3.1(2) er oppfylt.

- ▶ Konstruksjonen har én av hovedformene vist på Figur 6.1 i EC1-1-4.
- ▶ Bare første egensvingeform i vindretningen er av betydning.
 - Denne svingeformen har konstant fortegn.

Faktoren er kun relevant dersom det skal beregnes vindkraft på en konstruksjon. Der det kun beregnes vindtrykk (bygninger og frittstående vegger) vil altså ikke konstruksjonsfaktoren være relevant. Der det beregnes vindkraft er det kun én vind som beregnes, så konstruksjonsfaktoren skal angis for denne vinden (retningen).

Konstruksjonsfaktoren er gitt som

$$c_s c_d = \frac{1 + 2k_p I_v(z_s) \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7I_v(z_s)}$$

Verdiene k_p , B^2 og R^2 beregnes etter tillegg B eller C, der tillegg B er anbefalt og derfor programmets standardvalg.

Norsk tillegg: Samme som standard, men uten et anbefalt valg.

Merk at ved norsk nasjonalt tillegg vil overgangssoner kunne justere turbulensintensiteten og middelvindhastigheten.

I tillegg vil det være mulig for bruker å sette faktoren til 1,0 dersom det ikke er nødvendig å ta hensyn til ikke-samtidige vindtrykk eller svingninger i konstruksjonen. Dersom det er ønskelig å angi faktoren selv, som for eksempel ved å benytte tillegg D i EC1-1-4, er dette også mulig.

Vurdering av brukerbarhet (EC1-1-4: 6.3.2) gjøres i henhold til tillegg B eller C. Merk at programmet ikke beregner eller kontrollerer dette.

Norsk tillegg: Samme som standard.

Konstruksjonsfaktoren trengs for følgende konstruksjonstyper, med de begrensninger / presiseringer som er listet opp under.

- ▶ Konstruksjonsdeler (rektangulære, skarpe, polygonale og sirkulære)
 - For horisontale konstruksjonsdeler: h settes til bredden på konstruksjonsdelens tverrsnitt, vist som b på Figur 7.23, mens b settes til konstruksjonsdelens lengde, l .
 - For vertikale konstruksjonsdeler byttes det om på h og b .
- ▶ Fagverk/stilas
 - For horisontale fagverk: h settes til d som vist på Figur 7.32, mens b settes til l .
 - For vertikale fagverk byttes det om på h og b .
- ▶ Skilt
 - h og b benyttes uendret, som definert i Figur 7.21.
- ▶ Frittstående tak, flagg og generelle konstruksjoner
 - Programmet tilbyr ikke beregning av konstruksjonsfaktoren, og bruker må selv angi denne dersom den er ulik 1,0.

z_s	Referansehøyden for konstruksjonsfaktor (se kapittel «Referansehøyde»)
I_v	Turbulensintensitet (se kapittel «Turbulensintensitet»)
B^2	Bakgrunnsfaktor (se kapittel «Bakgrunnsfaktor»)
R^2	Responsfaktor (se kapittel «Responsfaktor»)
k_p	Toppfaktor (se kapittel «Toppfaktor»)

Referansehøyde

Referansehøyde for konstruksjonsfaktoren er gitt i Figur 6.1 i EC1-1-4. Programmet antar at en konstruksjonsdel som er angitt å være horisontal har svingeform som en parallell oscillator. Det er

også antatt at z_s skal inkludere avstanden til terreng også for vertikale konstruksjonsdeler, til tross for at dette ikke er vist spesifikt i Figur 6.1. Skilt vurderes alltid å være i siste kategori i Figur 6.1 («små konstruksjoner»), mens alle andre konstruksjonstyper beregnes som en av de to første typene (vertikale eller horisontale konstruksjoner) uavhengig av faktisk størrelse. Det er opp til bruker å overstyre z_s dersom noe annet skulle være tilfellet for sin konstruksjon.

Programmet benytter følgende

$$z_s = \begin{cases} 0,6h + h_1 & \text{vertikale konstruksjoner} \\ 0,5h + h_1 & \text{horisontale konstruksjoner og skilt} \end{cases}$$

Der $z_s \geq z_{min}$.

z_s	Referansehøyden i henhold til Figur 6.1 i EC1-1-4.
z_{min}	Minimumshøyde (se kapittel «Terrengruhet»)
h	Vertikal høyde av konstruksjon (z-akse)
h_1	Høyde over terreng til konstruksjonsdel, se Figur 6.1 i EC1-1-4

Turbulenslengdeskala

Turbulenslengdeskala (gjennomsnittlige vindkaststørrelsen) for referansehøyde z_s er gitt som

$$L_s = L_t \left(\frac{z_s}{z_t} \right)^\alpha$$

Der

$$z_s \geq z_{min}$$

$$z_t = 200\text{m}$$

$$L_t = 300\text{m}$$

$$\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0)$$

Symbol	Enhet	Beskrivelse
L_s	m	Turbulenslengdeskala for referansehøyden z_s
z_0	m	Ruhetslengde
z_{min}	m	Minimumshøyde

Spektral tetthetsfunksjon

Den spektrale tetthetsfunksjonen for referansehøyde z_s og egenfrekvensen n_1 er gitt som

$$S_{L,1s} = \frac{6,8f_{L,1s}}{(1 + 10,2f_{L,1s})^{5/3}}$$

Der

$$f_{L,1s} = \frac{n_1 L_s}{v_m(z_s)}$$

Symbol	Enhet	Beskrivelse
$S_{L,1s}$	-	Spektrale tetthetsfunksjon for referansehøyden z_s og egenfrekvens n_1
$f_{L,1s}$	-	Dimensjonsløs frekvens for referansehøyden z_s og egenfrekvens n_1
$v_m(z_s)$	m/s	Middelvindhastighet i referansehøyden z_s

Bakgrunnsfaktor

Bakgrunnsfaktoren tar hensyn til mangelen på full korrelasjon av trykket på konstruksjonsoverflaten. Faktoren er beregnet for referansehøyde z_s .

Tillegg B

I tillegg B er faktoren gitt som

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{b+h}{L_s}\right)^{0,63}}$$

Tillegg C

I tillegg C er faktoren

$$B^2 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \sqrt{\left(\frac{b}{L_s}\right)^2 + \left(\frac{h}{L_s}\right)^2 + \left(\frac{bh}{L_s^2}\right)^2}}$$

Responsfaktor

Responsfaktoren tar hensyn til turbulens i resonans med aktuell vibrasjonsfrekvens for konstruksjon. Faktoren er beregnet for referansehøyde z_s og egenfrekvensen n_1 .

Tillegg B

Faktoren kan beregnes som

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2\delta} S_{L,1,s} R_h R_b$$

Der δ er det totale logaritmiske dekrement av demping, og R_h og R_b er aerodynamiske admittansfunksjoner, gitt som

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h})$$

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} (1 - e^{-2\eta_b})$$

Der

$$\eta_h = \frac{4,6h}{L_s} f_{L,1,s}$$

$$\eta_b = \frac{4,6b}{L_s} f_{L,1,s}$$

I tillegg gjelder $R_h = 1$ for $\eta_h = 0$ og $R_b = 1$ for $\eta_b = 0$, til tross for at dette virker å være en situasjon som ikke kan oppstå.

Tillegg C

Faktoren er gitt som

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2\delta} S_{L,1,s} K_{1,s}$$

Der δ er det totale logaritmiske dekrement av demping, og størrelsesreduksjonsfunksjonen kan regnes som

$$K_{1,s} = \frac{1}{1 + \sqrt{(G_y \phi_{y,1})^2 + (G_z \phi_{z,1})^2 + \left(\frac{2}{\pi} G_y G_z \phi_{y,1} \phi_{z,1}\right)^2}}$$

$$\phi_{y,1} = \frac{11,5bn_1}{v_m(z_s)}$$

$$\phi_{z,1} = \frac{11,5hn_1}{v_m(z_s)}$$

Konstantene G_y og G_z avhenger av svingeform, og er gitt i Tabell C.1 i EC1-1-4, gjengitt i tabellen under. Bruker angir både horisontal (G_y) og vertikal (G_z) svingeform.

Svingeform	Jevn	Lineær	Parabolsk	Sinusformet
G	1/2	3/8	5/18	$4/\pi^2$

Toppfaktor

Forholdet mellom maksimumsverdien av den flukterende delen av responsen og dens standardavvik, toppfaktoren, bestemmes med følgende uttrykk. Selv om metoden står beskrevet i tillegg B, angir punkt C.2(3) at den også skal benyttes for tillegg C.

$$k_p = \sqrt{2 \ln(vT)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \ln(vT)}} \geq 3$$

Der

$$T = 600s$$

$$v = n_1 \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} \geq 0,08 \text{ Hz}$$

Symbol	Enhet	Beskrivelse
T	s	Midlingstid for middelvindhastighet, $T = 600s$
v	Hz	Oppkryssingsfrekvens

Vindpåvirkninger (EC1-1-4: 5)

Vindpåvirkninger virker som trykk direkte på utvendige flater av en lukket konstruksjon. Kan også virke indirekte på innvendige flater på grunn av utetthet. Vindtrykk resulterer i krefter normalt på overflaten av konstruksjonen. Vindpåvirkningen angis ved et forenklet samlet sett med trykk (EC1-1-4: 3.2), og klassifiseres som variable bundne påvirkning (EC1-1-4: 3.3). Merk at vindpåvirkningene som beregnes i programmet er karakteristiske verdier (EC1-1-4: 3.4).

De aktuelle vindpåvirkningene skal bestemmes for hver dimensjonerings situasjon i samsvar med EN 1990. Merk at der det kan forutsettes at vinduer og dører er lukket ved storm, kan tilfelle med disse i åpen tilstand behandles som en ulykkesdimensjonerings situasjon (EC1-1-4: 2(4)).

Merk at kapittel 7.2.2 Merknad 2 i EC1-1-4 åpner opp for at det kan beregnes vindkraft fra kraftfaktor for bygninger med $h/d > 5$. Programmet legger ikke opp til dette, men det er selvfølgelig mulig for bruker å selv regne en bygning som en konstruksjonsdel.

Vindtrykk på overflater (EC1-1-4: 5.2)

Vindtrykket på utvendige flater er gitt som

$$w_e = q_p(z_e)c_{pe}$$

Vindtrykket på innvendige flater er gitt som

$$w_i = q_p(z_i)c_{pi}$$

Netto vindtrykk er gitt som

$$w_{net} = w_e - w_i$$

Trykk rettet mot overflaten angis med positivt fortegn, og sug angis med negativt fortegn (EC1-1-4: 5.2(3)). Et positivt innvendig trykk vil altså motvirke et positivt utvendig trykk, men forsterke et negativt utvendig trykk.

For en gitt vindretning beregnes et sett med ulike utvendige trykk. Hver av disse situasjonene kombineres igjen med et største og et minste innvendige trykk.

Ved beregning av vindtrykk med resulterende formfaktorer (frittstående tak og vegg) så beregnes nettotrykket direkte, i.e.

$$w_{net} = q_p(z_e)c_{p,net}$$

$q_p(z_e)$	Utvendig vindkasthastighetstrykk
$q_p(z_i)$	Innvendig vindkasthastighetstrykk
z_e	Referansehøyden for det utvendige trykket
z_i	Referansehøyden for det innvendige trykket.
c_{pe}	Formfaktor for det utvendige trykket
c_{pi}	Formfaktor for det innvendige trykket
$c_{p,net}$	Resulterende formfaktor

Vindkrefter (EC1-1-4: 5.3)

I ISY Design beregnes vindkraft kun med kraftfaktor. Det kan beregnes en total vindkraft basert på vindtrykkene med vektoriell summering og friksjonskraft, men dette gjøres ikke av programmet.

Vindkraften som virker direkte på en konstruksjon eller konstruksjonsdel er gitt som

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(z_e) A_{ref}$$

Eventuelt kan kraften bestemmes ved vektorieell summering av de enkelte konstruksjonsdelene, i.e.

$$F_w = c_s c_d \sum c_f q_p(z_e) A_{ref}$$

Merk at kraftfaktorer omfatter også friksjonskrefter.

$c_s c_d$	Konstruksjonsfaktor (se kapittel «Konstruksjonsfaktoren (EC1-1-4: 6)»)
c_f	Kraftfaktor (se kapittel «Kraftfaktorer»)
A_{ref}	Referanseareal (se kapittel «Kraftfaktorer»)
$q_p(z_e)$	Vindkasthastighetstrykk for aktuelle vindretning i referansehøyde z_e (se kapittel «Vindhastighetstrykk (EC1-1-4: 4.5)»)