

Zero Village Bergen

Flystøyfaglig utredning

SINTEF IKT og Snøhetta

20.03.2015



Illustrasjon: Snøhetta

1. Innhold

1. Innhold.....	2
2. Oppsummering og konklusjoner	3
3. Bakgrunn.....	6
4. Rapportens formål	6
5. Rammeforutsetninger	6
Planstatus overordnet plan	7
T-1442 og fravik fra retningslinjene	7
6. Prosjektnotat – Støyberegning for ZEB Ådland SINTEF	9
7. Grenseverdier krav og retningslinjer	24
Måleverdier	24
T-1442 – Anbefalte grenseverdier for utendørs støy.....	24
T-1442 – Grenseverdier for innendørs støy	25
T-1442 - Krav til utearealer.....	26
8. Beregninger og metode.....	27
9. Beskrivelse av bebyggelsesstrukturer	29
10. Resultater	33
11. Utbygningspotensiale	35

2. Oppsummering og konklusjoner

Snøhetta og SINTEF IKThar på oppdrag fra ByBo AS utarbeidet en halvautomatisk løsning for å få beregnet utendørs flystøy for et planlagt utbyggingsområde ved Ådland i Bergen kommune. Prosjektets navn er Zero Village Bergen.

Området ligger innenfor gul støysone for Flesland lufthavn, noe som skaper utfordringer mht. å oppnå og dokumentere tilstrekkelig støyskjermede utearealer. Tradisjonelt gjøres flystøyberegninger av kvalifisert personell ved SINTEF IKT, ved bruk av beregningsprogrammet Nortim. Dette programmet er utviklet av SINTEF IKT, Avinor, Oslo lufthavn og Forsvarsbygg for å beregne flystøy i Norge. Programmet tar hensyn til topografiforhold og skjerming ved beregning av lydutbredelse.

Metoden som Snøhetta og SINTEF IKT har utarbeidet gjør det mulig for arkitekten å få en rask beregning av støyforholdene for en gitt plassering av bygningene i terrenget, ulike vridninger av bygningene, ulike skjermingshøyder, osv. Dette kan gjøres ved hjelp av et nyutviklet program (NortimScreens) som fungerer som et grensesnitt mellom Nortim og Snøhettas systemer (Grasshopper 3D). Løsningen er utarbeidet av Rolf Tore Randeberg ved SINTEF IKT og Kristian Edwards ved Snøhetta.

Løsningen forutsetter at et komplett beregningsgrunnlag for lufthavnen er utarbeidet på forhånd. SINTEF har gjort flere beregninger for Bergen lufthavn Flesland, beregnet for ulike årstall og med ulike forutsetninger lagt til grunn. I dette prosjektet er det lagt til grunn en perspektivberegning for 2050 (beregnet i 2007), samt en prognose for 2030 (beregnet i 2014). For begge beregninger er det antatt at lufthavnen er utbygd til to rullebaner, med den nye rullebanen plassert øst for eksisterende bane. Førstnevnte beregning (for 2050) ligger til grunn for "Temakart Støy" for Bergen kommune, og kan anses som et "worst-case" scenario. Beregningen for 2030 er utført med en nyere versjon av programmet Nortim, hvor det blant annet er gjort noen forbedringer i rutinene for beregning av skjermvirkning fra bygninger. Begge beregningene er utført i hht. retningslinje T-1442/2012, som er nærmere beskrevet i SINTEF prosjektnotat appendix A.

SINTEF IKT har verifisert at Snøhettas del av den tekniske løsningen leverer korrekte data til Nortim, og at støyresultatene fra Nortim blir korrekt behandlet i Snøhettas løsning. Boligområdet Zero Village Bergen har et plangrep som bevisst tilpasser seg den lokale støysituasjonen og sørger for god kvalitet i både ute- og innerom samtidig som planen tilpasser seg naturgitte kvaliteter i terreng og vegetasjon, sol- og vindforhold samt tilrettelegger for universell utforming. Utformingen av området er kvalitetssikret ved hjelp av simuleringsverktøy for støybelastning og viser at det kan bygges ca. 700 boliger med en gjennomsnittsstørrelse på ca 100 m² BRA som tilfredsstillter kravene til støyskjermede arealer.

Programmering av ute- og innearealer følger retningslinjer for T-1442 og tilfredsstillter samtlige krav til grenseverdier for støyfølsom bebyggelse i denne. Planen legger slik føringer for den videre utvikling av prosjektet med hensyn på:

- Felles uteoppholdsarealer inkl. lekeplasser og turområder
- Private uteoppholdsarealer på bakkenivå samt balkonger/takterrasser
- Programmering av boligfunksjoner på vekselvis stille og støyutsatt side
- Tekniske anlegg for ventilasjon, varme- og kjøling

I fasen knyttet til arbeidet med utvikling av reguleringsplan for området legges hovedfokuset på dokumentasjon av kvalitet i uteoppholdsarealene. I det videre arbeidet vil det måtte redegjøres for boligplaner, valg av tekniske løsninger samt byggetekniske detaljer som sikrer at kvaliteter og komfort i

boligenes innerom innfrir med hensyn på grenseverdier for støy (henvisning til PBL, TEK10: lydklasse C i NS 8175:2012).

Tabellen under viser hvilket potensiale man har for bygging i de forskjellige feltene med gitt geometri og uten andre støyreducerende tiltak enn bygningskroppen for 2030-perspektivet.

Reguleringsplan		Resulterende antall boliger i henhold til krav i nasjonale retningslinjer T-1442		
Felt	Antall boliger i feltet (regplan)	Skjermet fellesareal $L_{den} < 52$ dB	Skjermet areal (Felles+ priv.) $L_{den} < 52$ dB	Med tilleggsareal fra $L_{den} 52-55$ $30m^2$ pr. bolig
1	39	46	64	69
2				
3	22	22	32	16
4	58	102	129	106
5	75	159	194	239
6	140	92	157	101
7	90	259	301	438
8	51	99	123	193
9	51	180	204	315
10	58	175	202	325
11	48	75	97	80
12	35	48	64	43
13	35	71	87	105
14	40	67	85	81
SUM	742	1395	1741	2113

Tabell 1 Tabellens 2 første kolonner viser antall boliger som er planlagt inn i de forskjellige feltene basert på både støykrav og andre kvalitetskrav til utearealene. Resterende kolonner viser hvor mange boliger det som er mulig å bygge ved å legge til grunn støykrav i retningslinjen T-1442 uten hensyn til andre kvalitetskrav.

Beregningene er gjort med grunnlag i beregningsverktøyet fra SINTEF – NORTIM og gir gjennom simulering tilgjengelig skjermet areal. Det er så beregnet resulterende antall boliger med $15m^2$ skjermet areal under $L_{den} < 52$ dB. T-1442 setter ikke krav til størrelsen på utearealene og i denne beregningen er det lagt til grunn $15m^2$ på bakkeplan (kolonne 2). Alle boligene har privat uteareal på $7m^2$ og i kolonne 4 i tabell 1 er det private utearealet lagt til det totale skjermede arealet. Altså $15m^2$ skjermet areal fordelt på felles og privat uteareal. Siste kolonne i tabellen viser skjermet areal mellom $L_{den} 52$ dB og 55 dB og er i denne sammenhengen et uttrykk for potensialet for ytterligere utbygging ved optimalisering eller ved at disse arealene også regnes inn som uteareal.

Forslag til antall boliger i reguleringsplanen har et lavere antall boliger fordi det her også hensyntas andre kvalitetskrav, som sol, universell utforming mv.

Konklusjonen er at utbyggingspotensialet i området er meget høyere om man kun hensyntas skjerming for flystøy. Med andre kvalitetskrav vil potensialet i område reduseres, men fremdeles være vesentlig.



Figur 1 Oversiktsbilde Zero Village Bergen – fra treningsområdet Sletta sett mot vest

3. Bakgrunn

Sintef IKT og Snøhetta er engasjert av ByBo for å utføre flystøyfaglig utredning i forbindelse med reguleringsplan for prosjektet Zero Village Bergen i Bergen kommune. I tillegg til boliger og uteoppholdsarealer, omfatter planområdet barnehage, parkeringsbygg og næringsbygg. Planen skal og sikre offentligheten tilkomst til friområder øst for boligbebyggelsen (NLF).

Det er utført utendørs støyberegninger basert på prosjektets 3D-modell som dokumenterer støynivåer utenfor alle fasader og uteoppholdsområder for ny bebyggelse innenfor reguleringsområdet.

Resultatene er vurdert opp mot gjeldende grenseverdier.

4. Rapportens formål

Formålet med rapporten er å dokumentere flystøynivå for byggeområdet, samt dokumentere at man kan etablere bebyggelsesstrukturer som sikrer kvalitetsmessig gode utearealer innenfor de anbefalinger og krav som settes gjennom Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2012).

Rapporten beskriver også en ny metodikk til bruk både tidlig i planleggingen og under prosjektering av bryggeområder utsatt for flystøy der Snøhetta prosjektmodell koples opp mot støyberegningsverktøyet NORTIM som benyttet av Sintef IKT. Slik oppnås mulighet til å utforme bygningsmassen med direkte hensyn på å avhjelper den lokale støysituasjonen.

Zero Village Bergen er lokalisert innenfor gul støysone ved Bergen lufthavn Flesland. Støysonen er definert i Temakart støy fra Bergen Kommune. Denne rapporten inngår som underlagsmaterialet til utarbeiding av reguleringsplan for området. Rapporten har hovedfokus på sikring av kvaliteten i uterommene ved Zero Village Bergen.

5. Rammeforutsetninger

Zero Village Bergen med 700 nullutslippsboliger lokalisert på Ådland er et pilotprosjekt under forskningssenteret ZEB (Research Center on Zero Emission Building) ved NTNU/Sintef og har et høyt ambisjonsnivå når det gjelder energi og miljø. Produksjon og utnyttelse av fornybar energi fra blant annet geobrønner og solcellemoduler skal motsvare klimagassutslipp knyttet til byggematerialer og drift over livsløpet. Det skal tilrettelegges for grønn mobilitet med fokus på sykkel- og gangtrafikk samt kollektive transportformer og bildele-ordninger. Det vil og være vesentlig å oppnå en viss boligtetthet for å kunne etablere fellesfunksjoner og et attraktivt nærmiljø med tanke på nærtilbud og servicefunksjoner. Dette legger klare føringer for både livskvalitet og kvalitet i det bygde miljø.

Planstatus overordnet plan

Området er avsatt til byggeformål i gjeldende kommuneplanens arealdel (KPA) med begrunnelse i hensyn til samordnet areal- og transportplanlegging, og med bakgrunn i at bydelen har stor underdekning på boliger i forhold til arbeidsplasser. I forbindelse med godkjenning av ovennevnte kommuneplan innga Fylkesmannen i Hordaland innsigelser til planen, hvorpå Miljøverndepartementet (MD) 24.04.2013 opphevet Fylkesmannens innsigelser og godkjente boligområde på Ådland med følgende begrunnelse:

«Boligområdet Aadland

Departementet godkjenner byggeområde for boliger på Aadland. Miljøvennlige transportløsninger, avgrensning av byggeområdet, omfang av utbyggingen og hensyn til flystøy skal inngå i en helhetlig vurdering i forbindelse med arbeidet med kommunedelplan for Birkeland, Liland, Aadland og Espeland. Etablering av et velfungerende gang- og sykkelvegnett med god tilknytning til bybanen og funksjonell sykkelparkering skal også inngå i dette arbeidet. Aktuelle tiltak skal innarbeides i reguleringsplanen for området.

Departementet har i sin avgjørelse vektlagt at det er underdekning av boliger i denne bydelen i forhold til arbeidsplasser og at det er mulig å legge til rette for miljøvennlige transportløsninger. Departementet ser også positivt på at det planlegges nullutslippsboliger som vil gi viktig erfaring for nye prosjekter. Innsigelsen fra fylkesmannen tas dermed delvis til følge.»

Videre har Bergen Kommune i forslag til Kommunedelplan for Ytrebygda, Liland, Birkeland og Ådland, inntatt Zero Village Bergen som utbyggingsområde for nullutslippsboliger.

Som beskrevet i kommunedelplanens arealdel (KPA) ligger Ådland innenfor gul støysone generert av Flesland flyplass. Dette utløser krav til Støyfaglig utredning basert på T-1442 og eventuell avbøtende tiltak ihht. denne.

T-1442 og fravik fra retningslinjene

I utgangspunktet skal det ikke etableres ny støyfølsom bebyggelse i gul flystøysone. I retningslinje T-1442/2012 kapittel 3.2.1 er det spesifisert at kommunene av hensyn til samordnet areal- og transportplanlegging kan praktisere områdevis fravik fra støyretningslinjen i sentrumsområder og kollektivknutepunkter:

«I sentrumsområder i byer og tettsteder, spesielt rundt kollektivknutepunkter, er det aktuelt med høy arealutnyttelse av hensyn til samordnet areal- og transportplanlegging. Forutsatt at kommunen har angitt grensene for slike områder i kommuneplanens arealdel, kan det vurderes å tillate oppføring av ny bebyggelse med støyfølsomt bruksformål innenfor rød sone og/eller avvik fra grenseverdiene i tabell 3 i gul sone.»

Forutsetningen er at avbøtende tiltak innarbeides i planen og planbestemmelsene (Veileder til T-1442, feb 2014, kapittel 3.4.3). Generelt anbefales ikke at kommunene definerer store deler av byggesonen som avviksområde. Fra veilederens pkt. 2.2.2 Kriterier for avviksområder heter det: «Generelt anbefales ikke at kommunene definerer store deler av byggesonen som avviksområde. Det er ønskelig å være noe restriktiv i utgangspunktet, og heller avklare muligheter for avvik og tilpasninger i de enkelte reguleringsplanene.»

Basert på gjeldende KPA og at kommuneplanen og departementet sin avgjørelse åpner for boligbygging i gul flystøysone, har man i realiteten åpnet for at Ådland kan behandles som en avviksone i henhold til T-1442, med tilhørende veileder. Det vil si at en kan tillate støyfaglige kompromisser.

6. Prosjektnotat – Støyberegning for ZEB Ådland SINTEF

Prosjektnotat

Støyberegning for ZEB Ådland

Kvalitetssikring av metode

VERSJON

1.1

DATO

2015-03-16

FORFATTER(E)

Rolf Randeberg
Idar L. N. Granøien

OPPDRAGSGIVER(E)

ByBo AS

GRADERING

Restricted

OPPDRAGSGIVERS REF.

Kjetil Helland

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

13

ABSTRACT

SINTEF og Snøhetta har laget en løsning for halvautomatisk og hurtig beregning av flystøyforhold for gitte plasseringer av bygninger i et planlagt utbyggingsområde ved Ådland i Bergen. Løsningen benytter beregningsgrunnlag utarbeidet av SINTEF, og inkluderer programvare (Nortim) levert av SINTEF til selve beregningen av støy. Snøhettas del av løsningen leverer lister over beregningspunkt og skjermer (bygninger). SINTEF har ved befaring verifisert at Snøhettas del av den tekniske løsningen leverer korrekte inndata til Nortim, og at støyresultater fra Nortim blir korrekt behandlet i Snøhettas løsning.

UTARBEIDET AV

Rolf Randeberg

**GODKJENT AV**

ODD PETERSEN

**PROSJEKTNR**

102005067

PROSJEKTNOTAT NR**VERSJON**

1.1

1 av 13

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.2	2014-11-03	Utkast

1.0	2014-11-10	Endelig versjon
-----	------------	-----------------

1.1	2015-03-16	Revidert versjon
-----	------------	------------------

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Metode	5
2.1	Originalt beregningsgrunnlag	5
2.2	Inndata fra Grasshopper (Beregningspunkt og skjermer)	7
2.3	Preprosessering i NortimScreens.....	7
2.4	Beregning av justert grunnlag i Nortim.....	8
2.5	Postprosessering i NortimScreens	8
2.6	Innlesing og sluttbehandling i Grasshopper	8
3	Vurdering av løsningen og forbedringsmuligheter	9
A	Retningslinje T-1442/2012	10
A.1	Måleenheter	10
A.2	Støysoner til arealplanlegging.....	11
A.2.1	Definisjon av støysoner	11
A.2.2	Utarbeidelse av støysonkart og implementering i kommunale planer	11
A.3	Beregningsmetode.....	12
A.3.1	Dimensjonering av trafikkgrunnlaget	12
A.3.2	Beregningsprogrammet Nortim	12

1 Innledning

Snøhetta og SINTEF har på oppdrag fra ByBo AS utarbeidet en halvautomatisk løsning for å få beregnet utendørs flystøy for et planlagt utbyggingsområde ved Ådland i Bergen kommune. Området ligger innenfor gul støysoner for Flesland lufthavn, noe som skaper utfordringer mht. krav til skjermet uteareal i forhold til andre krav som f.eks. tilstrekkelige lysforhold.

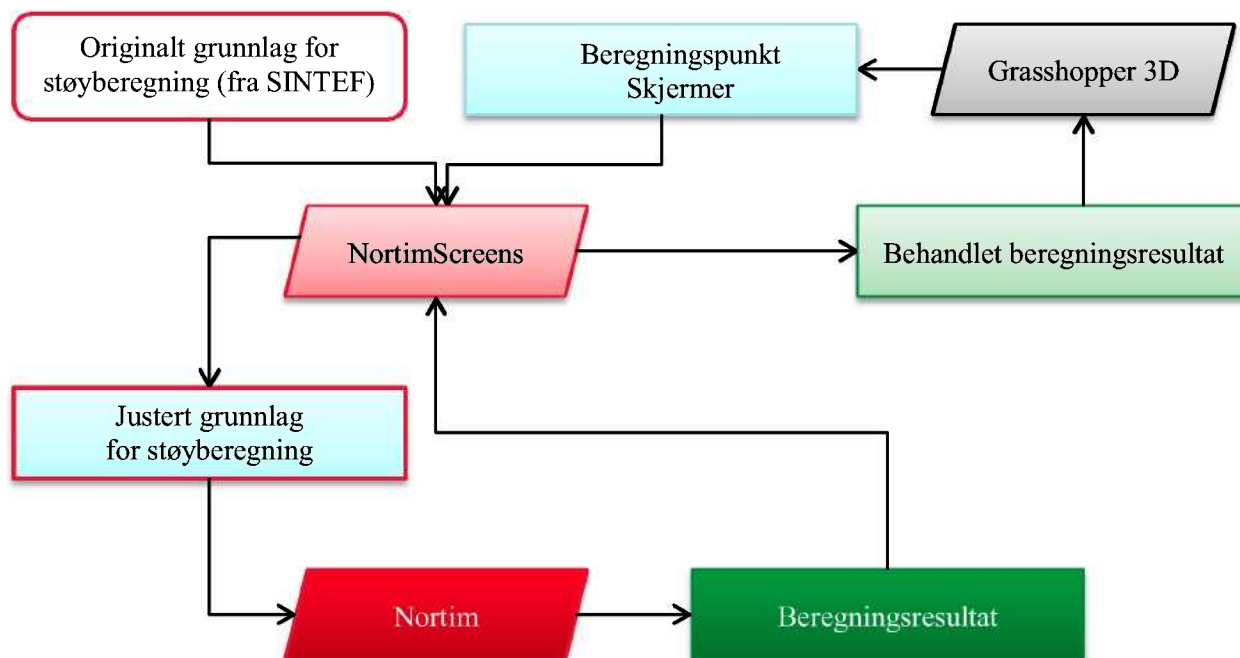
Tradisjonelt gjøres flystøyberegninger av kvalifisert personell ved SINTEF, ved bruk av beregningsprogrammet *Nortim*. Dette programmet er utviklet av SINTEF, Avinor, Oslo lufthavn og Forsvarsbygg for å beregne flystøy i Norge. Programmet tar hensyn til topografiforhold og skjerming ved beregning av lydutbredelse.

Metoden som Snøhetta og SINTEF har utarbeidet gjør det mulig for arkitekten å få en rask beregning av støyforholdene for en gitt plassering av bygningene i terrenget, ulike vridninger av bygningene, ulike skjermingshøyder, osv. Dette kan gjøres uten direkte (og tidkrevende) involvering fra SINTEFs side ved hjelp av et nyutviklet program (*NortimScreens*) som fungerer som et grensesnitt mellom *Nortim* og Snøhettas systemer (*Grasshopper 3D*).

Løsningen er utarbeidet av Rolf Tore Randeberg ved SINTEF IKT og Kristian Edwards ved Snøhetta.

2 Metode

Løsningen som er utarbeidet har en dataflyt som vist skjematisk i følgende figur.

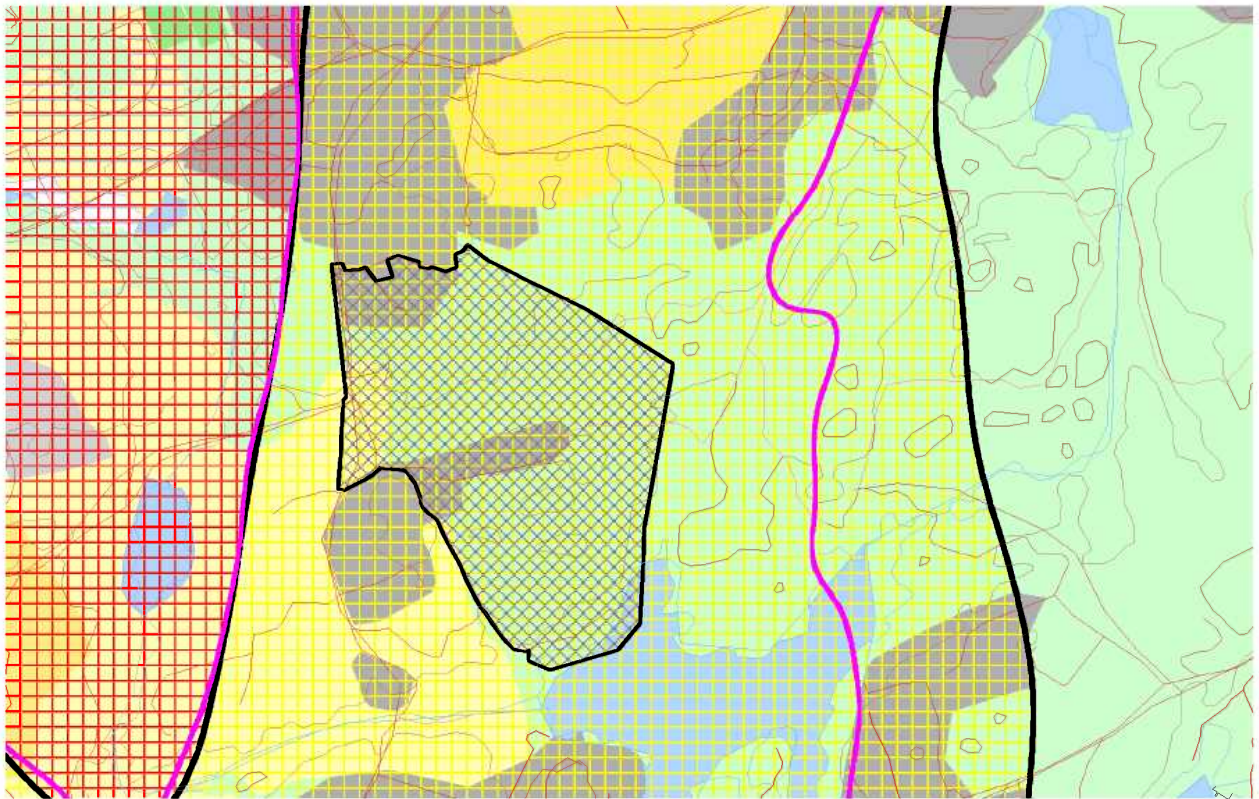


2.1 Originalt beregningsgrunnlag

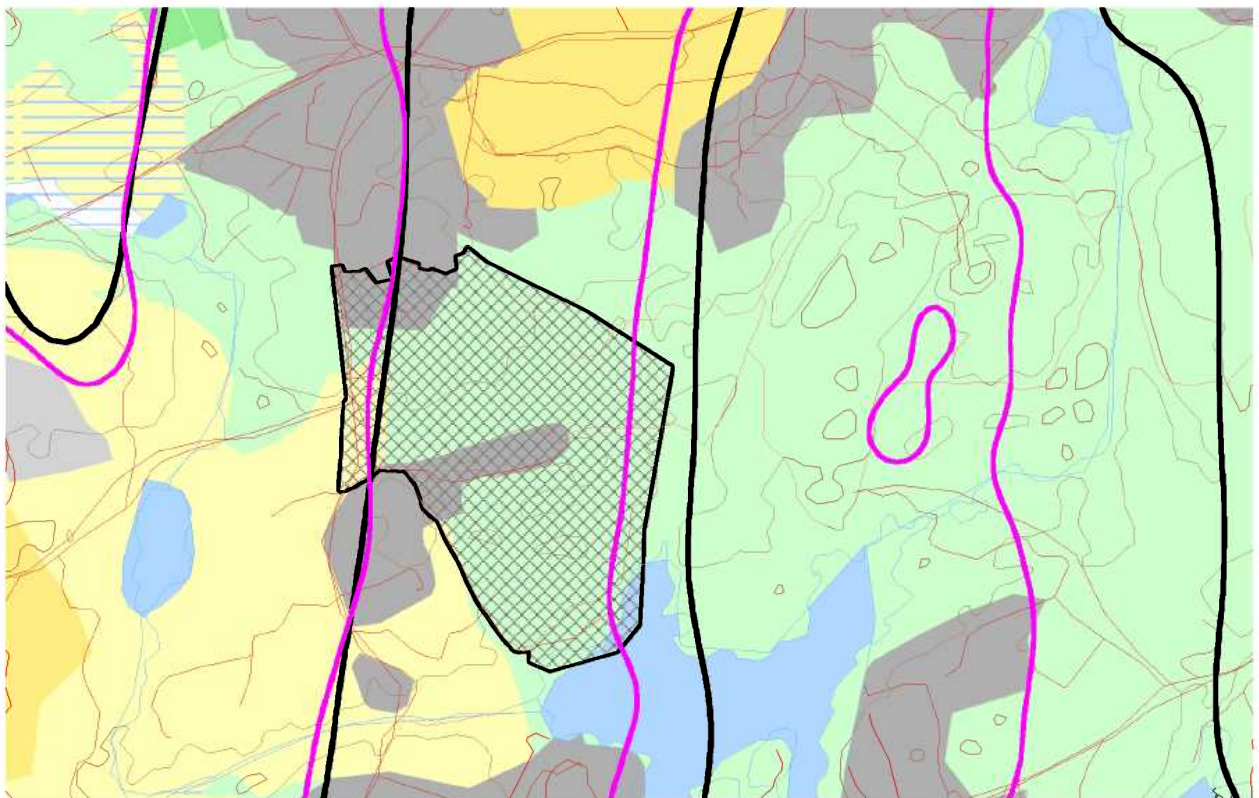
Løsningen forutsetter at et komplett beregningsgrunnlag for lufthavnen er utarbeidet på forhånd. SINTEF har gjort flere beregninger for Bergen lufthavn Flesland, beregnet for ulike årstall og med ulike forutsetninger lagt til grunn. I dette prosjektet er det lagt til grunn en perspektivberegning for 2050 (beregnet i 2007), samt en prognose for 2030 (beregnet i 2014). For begge beregninger er det antatt at lufthavnen er utbygd til to rullebaner, med den nye rullebanen plassert øst for eksisterende bane. Førstnevnte beregning (for 2050) ligger til grunn for "Temakart Støy" for Bergen kommune, og kan anses som et "worst-case" scenario. Beregningen for 2030 er utført med en nyere versjon av programmet *Nortim*, hvor det blant annet er gjort noen forbedringer i rutinene for beregning av skjermvirkning fra bygninger. Begge beregningene er utført i hht. retningslinje T-1442/2012, som er nærmere beskrevet i appendix A.

Figurene på neste side viser forskjeller mellom disse to beregningene. Av figurene framgår det at forskjellen mellom de to scenarioene er mindre nær flyplassen, og større lenger unna. Utbyggingsområdet ved Ådland, vist med svart skravering, ligger slik til at differansen neppe utgjør mer enn 1,5 dB.

Beregningsgrunnlaget (trafikkmengder, flytyper, flygetraséer, osv) er altså i sin helhet utarbeidet av SINTEF, uavhengig av Ådland-prosjektet til ByBo og Snøhetta. Metoden beskrevet i dette notatet innebærer bare en minimal justering av dette beregningsgrunnlaget, ved at antall beregningspunkt og deres posisjon endres, og ved at det legges til skjermende bygninger.



Gul og rød sone for perspektiv 2050 (skravert) og gul og rød sone for 2030 (magenta kurver). M 1:15 000.



L_{den} 50, 55, 60 og 65 dB for perspektiv 2050 (svart) og 2030 (magenta). M 1:15 000.

2.2 Inndata fra Grasshopper (Beregningspunkt og skjermer)

Snøhetta benytter programmet *Grasshopper* for å koble 3D-modellen av de aktuelle bygningene til inndata til *NortimScreens* og til å hente ut og presentere resultater fra *NortimScreens*. Prosessen for å generere inndata kan i korte trekk beskrives som følger:

En samling tilfeldig genererte beregningspunkt plasseres innenfor det aktuelle utbyggingsområdet, men utenfor omrissene til bygningene. Antall punkt kan velges fritt. Det er valgt et antall som gir omtrent 2 – 3 meter avstand mellom beregningspunktene. Koordinatene (øst/nord) til beregningspunktene lagres til en tekstfil ("Receivers.txt") sammen med en unik ID for hvert punkt.

Alle takflater i utbyggingsområdet tilordnes en ID, og koordinater og høyde over lokalt terreng for hver takflate skrives til en tekstfil som representerer skjermer ("Screens.txt").

I tillegg benyttes en tredje tekstfil ("Parameters.txt") som kan inneholde enkelte styrende parametere. I dagens løsning er denne tekstfilen statisk, og inneholder bare koordinatsystemet for posisjonene til beregningspunktene (i "Receivers.txt") og skjermene (i "Screens.txt").

Når *Grasshopper* har lagret disse inndata-filene, startes *NortimScreens*-programmet. Beregningskatalogen som brukes blir gitt av *Grasshopper* ved oppstart av *NortimScreens*.

2.3 Preprosessering i NortimScreens

Det originale beregningsgrunnlaget består av fire tekstfiler som beskriver alle sider ved den aktuelle beregningen. Disse filene beholdes stort sett uendret, med unntak av følgende justeringer som gjøres av *NortimScreens* etter at inndata-filene fra *Grasshopper* er lest inn:

I filen "param.txt":

- Endrer navn på resultat katalog til beregningskatalogen angitt av *Grasshopper*.

I filen "calc.txt":

- Setter beregningsmodus til "punkt"
- Korrigerer navn på katalog hvor topografi-filer ligger til angitt beregningskatalog
- Konverterer koordinater for skjermer (fra "Screens.txt") til koordinatsystem som brukes av *Nortim*, og angir skjermene på et format som forstås av *Nortim*.
- Konverterer koordinater for beregningspunkt (fra "Receivers.txt") til koordinatsystem som brukes av *Nortim*, og angir beregningspunktene på et format som forstås av *Nortim*.

Det bør bemerkes at i filen "param.txt" er det en parameter for valg av beregningshøyde. Denne kan være enten 1,5 meter eller 4,0 meter. For de vanligste beregninger som gjøres med *Nortim* (beregning av støysoner i hht. retningslinje T-1442) er standard beregningshøyde 4,0 meter. Dette er en høyde som er relevant for f.eks. beregning av fasadeisolasjon, men den er ikke egnet til å vurdere støyforholdene for skjermet uteareal.

I tidligere beregninger av liknende art som dette prosjektet har derfor SINTEF etablert en praksis hvor beregningshøyde 1,5 meter benyttes uten at dette har vært presisert i retningslinjen. I den reviderte utgaven av retningslinje T-1442 fra 2012 er denne problemstillingen nå klargjort, ved at setningen "*Beregningshøyden for uteoppholdsareal skal være minimum 1,5 meter over terreng [...]*" er tatt inn.

I forbindelse med oversending av det originale beregningsgrunnlaget til Snøhetta har SINTEF derfor justert denne parameteren slik at 1,5 meter beregningshøyde benyttes i beregningene.

2.4 Beregning av justert grunnlag i Nortim

Når beregningsgrunnlaget er ferdig justert som beskrevet over, startes *Nortim* automatisk av *NortimScreens*, og utfører selve støyberegningen. Beregningen tar typisk noen få minutter. Når den er ferdig vil *NortimScreens* automatisk starte etterbehandling av beregningsresultatene.

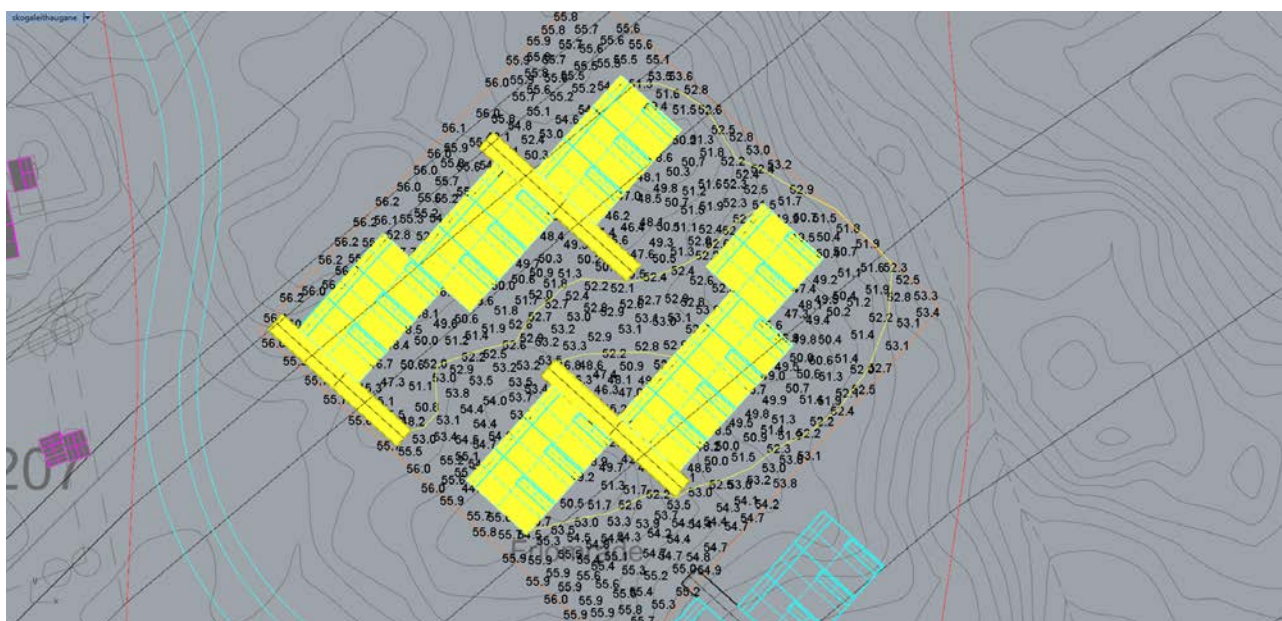
Beregningsprogrammet *Nortim* er nærmere beskrevet i appendix A.3.2.

2.5 Postprosessering i NortimScreens

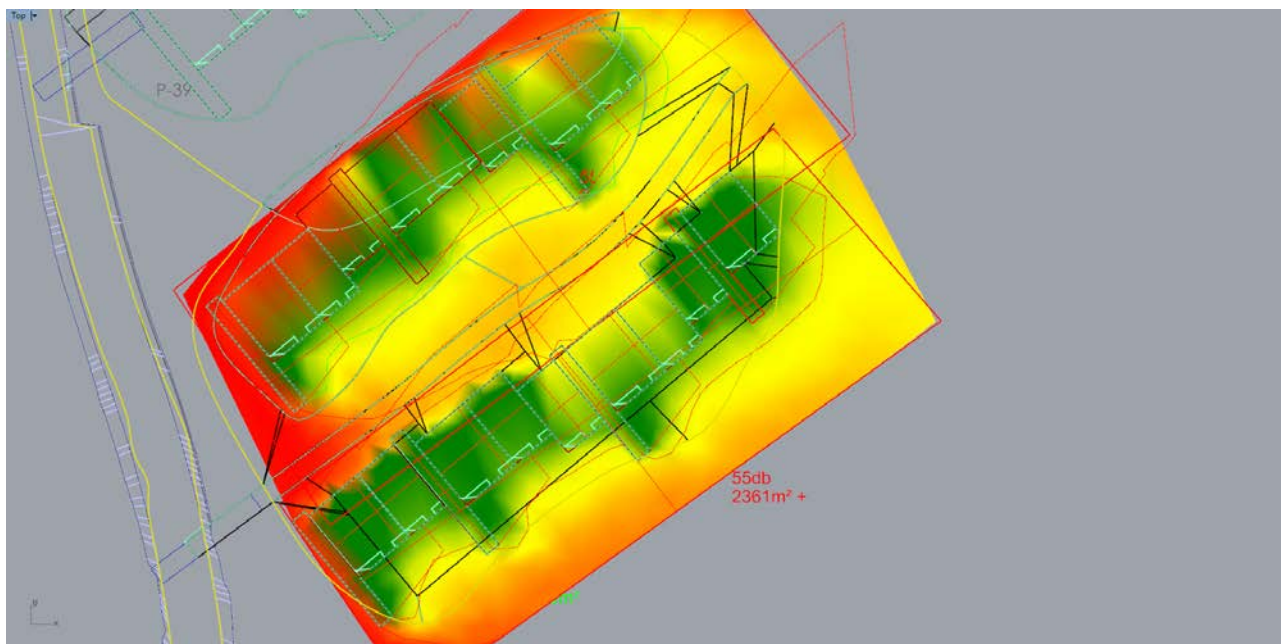
Beregningsresultatet fra *Nortim* er en fil med én linje per beregningspunkt. For hver linje er det angitt koordinater og beregnet støyverdi for en rekke ulike støyenheter. *NortimScreens* leser inn denne filen, konverterer koordinater tilbake til koordinatsystemet som brukes av *Grasshopper*, og henter ut verdiene for støyenhetene L_{Aeq24h} og L_{den} . Koordinatene og støyverdiene skrives til filen "PointResults.txt".

2.6 Innlesing og sluttbehandling i Grasshopper

Når *NortimScreens* er ferdig blir resultatfilen "PointResults.txt" lest inn i *Grasshopper*, og støyverdiene blir "lagt over" modellen av bygningene, som vist i figuren under.



På neste side er det vist en enkel visualisering av resultatene, hvor hvert beregningspunkt blir tilordnet en farge i hht. beregnet støyverdi.



Denne typen visualisering gir dog ikke noe tall på hvor stort areal som gir tilfredsstillende støyforhold. Bergen kommune krever et skjermet uteareal på 30 m² med vektet gjennomsnittlig støynivå (L_{den}) under 52 dB. For å beregne dette blir det i *Grasshopper* manuelt trukket en isokurve for L_{den} 52 dB mellom støyverdiene for de enkelte punktene, og arealet innenfor denne kurven blir beregnet¹. Det beregnete arealet, vurdert opp mot andre krav som f.eks lysforhold, gir da en indikasjon på om plassering og høyde bør justeres eller ikke.

3 Vurdering av løsningen og forbedringsmuligheter

Slik løsningen er laget er det SINTEF som enten direkte eller indirekte (via det originale beregningsgrunnlaget og behandlingen i *NortimScreens* og *Nortim*) har utført støyberegningen i dette prosjektet. Snøhetta sitt bidrag har vært begrenset til å angi hvilke punkt som skal beregnes, og til å angi posisjon og høyde til bygningene som skjermer støyen. SINTEF har ved befaringsverifisert at Snøhettas del av den tekniske løsningen leverer korrekte inndata til programmet *NortimScreens*, og at støyresultater fra *NortimScreens* blir behandlet på en tilfredsstillende måte i Snøhettas løsning.

Løsningen er i prinsippet ikke bundet spesifikt til Ådland-prosjektet, men kan med fordel anvendes i andre, liknende prosjekter hvor man må optimalisere skjerming av støy i forhold til andre, gjerne motstridende krav. Basert på erfaringene fra dette prosjektet ser SINTEF særlig to forbedringsmuligheter:

1. Isokurvene for beregning av areal bør genereres automatisk av *NortimScreens*. Det vil spare Snøhetta for en del manuelt arbeid i etterbehandlingen i *Grasshopper*, og det vil øke nøyaktigheten i beregnet areal.
2. Diverse forbedringer og automatiseringer i for- og etterbehandlingen i *Grasshopper* (hvis mulig).

¹ Et mildere krav til støynivå, 55 dB, har også vært diskutert i prosessen. Snøhetta har trukket isokurver og beregnet skjermete arealer også for denne grensen, men har benyttet den strengere grensen på 52 dB som grunnverdi for utforming av bygningsvolumene.

A Retningslinje T-1442/2012

Miljøverndepartementet ga i juli 2012 ut retningslinje T-1442/2012 for behandling av støy fra forskjellige støykilder. Denne erstattet retningslinje T-1442 fra januar 2005. T-1442 endret i sin tid både måleenheter og definisjoner av støysoner.

A.1 Måleenheter

En sammensatt støyindikator, som på en enkel måte skal karakterisere den totale flystøybelastning, og derved være en indikator for flest mulige virkninger, må ta hensyn til følgende faktorer ved støyen: Nivå (styrke), spektrum (farge), karakter, varighet, samt tid på døgnet. Måleenheten for flystøy må i rimelig grad samsvare med de ulemper som vi vet flystøy medfører. Et høyt flystøynivå må indikere høy ulempe.

På begynnelsen av 1980-tallet ble det i Norge utarbeidet to spesielle enheter for karakterisering av flystøy, nemlig Ekvivalent Flystøynivå (EFN) og Maksimum Flystøynivå (MFN), begge basert på lydnivåmålinger i dBA. Enhetene ble lagt til grunn i retningslinje T-22/84 fra 1984 og senere i T-1277 fra 1999. Ved innføringen av ny retningslinje i 2005 ble enhetene erstattet med henholdsvis L_{den} og L_{5AS} .

L_{den} er det mål som EU har innført som en felles måleenhet for ekvivalentnivå. Måleenheten legger forskjellig vekt på en støyhendelse i forhold til når på døgnet hendelsene forekommer. På natt er vekt faktoren 10, på dag er den 1. På kveld adderer L_{den} 5 dB til støyhendelsene. Disse vektingene tilsvarer at ett fly på kveld teller som drøyt 3 på dagtid, mens et fly på natt teller som 10 på dag. T-1442 følger den internasjonalt mest vanlige inndelingen av døgnet ved at dagtid er definert fra kl. 07 til 19, kveld er mellom kl. 19 og 23, mens natta strekker seg fra kl. 23 til 07.

MFN var definert som det høyeste A-veide lydnivå som regelmessig forekommer i et observasjonspunkt, og som klart kan tilskrives flyoperasjoner. "Regelmessig" ble definert til en hyppighet på minimum 3 ganger per uke. I T-1277 ble det regnet separat maksimumsnivå for natt (22–07) og dag (07–22). MFN var ment å skulle gi utslag dersom maksimumsnivå skulle gi større ulemper enn det som beregnet ekvivalentnivå skulle innebære.

Maksimumsnivået L_{5AS} er i definert som det lydnivå "som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs. et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser". Denne enheten kommer bare til anvendelse for hendelser som forekommer på natt mellom 23 og 07, og var ment å skulle erstatte MFN på natt. L_{5AS} vil imidlertid ikke identifisere de nivå som kan skape problem for søvnforstyrrelse. Antallet "hendelser" vil kunne variere fra flyplass til flyplass og fra område til område ved en og samme flyplass. Når dimensjonerende nivå defineres til å være en prosentsats, vil man derfor ikke uten videre vite hvor mange hendelser dette representerer.

Retningslinje T-1442/2012 definerer forøvrig ikke begrepet "hendelse". Det betyr at det ikke er gitt hvor mye støy som skal til for at man skal inkludere noe som en hendelse. I veilederen til T-1442/2012 er dette imidlertid rettet på, slik at det er mulig å beregne størrelsen. Avklaringen i veilederen medfører at L_{5AS} beregnes som MFN på natt, med den forskjell at tidsrommet som betraktes er redusert med en time på kvelden, siden L_{5AS} beregnes for tidsrommet 23–07. Dette er i tråd med uttalt intensjon om at overgang fra MFN til L_{5AS} alene ikke skulle medføre endringer.

Tabell 3-1. Oppsummering av måleenheter.

Måleenhet	Forklaring
L_{den}	A-veiet ekvivalent lydtryknivå for et helt døgn, korrigert for dag-, kveld- og nattperioder, med henholdsvis 0 dB, 5 dB og 10 dB.
L_{5AS}	Det A-veide nivå målt med tidskonstant «Slow» på 1 sek som overskrides i 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode (T-1442 benytter 8-timers nattperiode 23-07) dvs et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser.
$L_{p,Aeq,T}$ L_{AeqT}	Det ekvivalente lydnivået (angis også som L_{Aeq}) er et mål på gjennomsnittlig (energimidlet) nivå for støy over en bestemt periode T (oftest 24 timer).
L_{night}	A-veiet ekvivalentnivå for 8-timers nattperiode 23-07.
$L_{p,AFmax}$	A-veiet maksimalt nivå målt med tidskonstant «Fast».

A.2 Støysoner til arealplanlegging

T-1442/2012 definerer 2 støysoner, gul og rød sone til bruk i arealplanlegging. I tillegg benyttes betegnelsen "hvit sone" om området utenfor støysonene. Kommunene anbefales også å etablere "grønne soner" på sine kart for å markere "stille områder som etter kommunens vurdering er viktige for natur- og friluftsinnteresser". Hvit og grønn sone skal med andre ord ikke betraktes som støysoner.

A.2.1 Definisjon av støysoner

Støysonene defineres slik at det i ytterkant av gul sone kan forventes at inntil 10 % av en gjennomsnitts befolkning vil føle seg sterkt plaget av støyen. Det betyr at det vil være folk som er plaget av støy også utenfor støysonene.

De to støysonene er i retningslinjen definert som vist i den følgende tabell. Det fremgår at hver sone defineres med 2 kriterier. Hvis ett av kriteriene er oppfylt på et sted, så faller stedet innenfor den aktuelle sonen – det er med andre ord et "eller" mellom kolonnene.

Tabell 3-2. Kriterier for soneinndeling. Ytre grense i dB, fritt feltsverdier.

Støykilde	Støysone			
	Gul sone		Rød sone	
	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07
Flyplass	L_{den} 52 dB	L_{5AS} 80 dB	L_{den} 62 dB	L_{5AS} 90 dB

A.2.2 Utarbeidelse av støysonkart og implementering i kommunale planer

Ansvar for utarbeidelse av kart som viser støysonene legges til tiltakshaver ved nye anlegg, mens anleggseier eller driver har ansvar for eksisterende anlegg. De ansvarlige oversender kartene til kommunen og har også et ansvar for å oppdatere kartene dersom det skjer vesentlige endringer i støysituasjonen. Normalt skal kartene vurderes hvert 4.–5. år.

Det skal utarbeides støysonkart for dagens situasjon og aktivitetsnivå og en prognose 10–20 år fram i tid. Kartet som oversendes kommunen skal settes sammen som en verste situasjon av de to beregningsalternativene.

Kommunene skal inkludere og synliggjøre støysonekartene i kommuneplan. Retningslinjen har flere forslag til hvordan dette kan gjøres. For varige støykilder er det foreslått å legge sonene inn på selve kommuneplankartet som støybetinget restriksjonsområde. Det anbefales at kommunene tar inn bestemmelser tilknyttet arealutnyttelse innenfor støysonene og at det skal stilles krav til reguleringsplan for all utbygging av støyømfintlig bebyggelse innenfor rød og gul sone.

Følgende regler for arealutnyttelse er angitt i retningslinjen:

- **rød sone**, nærmest støykilden, angir et område som ikke er egnet til støyfølsomme bruksformål, og etablering av ny støyfølsom bebyggelse skal unngås.
- **gul sone** er en vurderingszone, hvor støyfølsom bebyggelse kan oppføres dersom avbøtende tiltak gir tilfredsstillende støyforhold.

A.3 Beregningsmetode

Vurdering av flystøy etter Miljøverndepartementets retningslinjer gjøres kun mot støysonegrenser som er beregnet, dvs. at man ikke benytter målinger lokalt for å fastsette hvor grensene skal gå. Den beregningsmodellen som benyttes i Norge (se avsnitt A.3.2), er imidlertid basert på en database som representerer en sammenfatning av et omfattende antall målinger. Under forutsetning av at beregningsmodellen nyttes innenfor sitt gyldighetsområde og at datagrunnlaget gir en riktig beskrivelse av flygemønsteret rundt flyplassen, så må det derfor gjøres meget lange måleserier for å oppnå samme presisjonsnivå som det beregningsprogrammet gir.

Målinger kan nyttes som korrigerende supplement ved kompliserte utbredelsesforhold, ved spesielle flygeprosedyrer, eller når beregningsprogrammet eller dets database er utilstrekkelig.

A.3.1 Dimensjonering av trafikkgrunnlaget

I retningslinje T-1277 ble det lagt til grunn at den travleste sammenhengende 3-måneders periode på sommerstid (mellom 1. mai og 30. september) skulle benyttes som trafikkgrunnlag. Sommeren har vært valgt siden EFN ble innført som måleenhet, basert på en antakelse om at sommeren representerte den tid av året da støyen hadde størst negative utslag i forhold til utendørs aktivitet. Også det faktum at flere sover med åpent vindu om sommeren ble tillagt vekt.

Veilederen til T-1442/2012 legger seg opp til reglene fra EU direktiv 2002/49/EC² om at det skal benyttes et årsmiddel av trafikken. Det gis imidlertid en liten åpning for fortsatt å bruke 3 måneder på sommeren dersom trafikken er sterkt sesongpreget (turisttrafikk).

Militære øvelser som forekommer minst hvert 2. år, skal inngå i trafikkgrunnlaget.

A.3.2 Beregningsprogrammet Nortim

Fra 1995 beregnes flystøy i Norge med det norskutviklede dataprogrammet *Nortim* eller spesialutgaver av dette (*Regtim* og *GMtim/Radtim*). Programmene er utviklet av SINTEF for de norske luftfartsmyndigheter og var opprinnelig basert på rutiner fra programmet Integrated Noise Model (INM), utviklet for det amerikanske luftfartsverket, FAA. Programmene har imidlertid gjennomgått en betydelig modernisering og har svært lite igjen av den opprinnelige kildekode.

² EU Directive 2002/49/EC Assessment and management of environmental noise.

Det unike med *Nortim* er at det tar hensyn til topografiens påvirkning av lydutbredelse, samt lydutbredelse over akustisk reflekterende flater (f.eks. vann). *Nortim* beregner i en og samme operasjon alle de aktuelle måleenheter som er foreskrevet i retningslinjene. Beregning av MFN og EFN er således supplert med L_{den} og L_{5AS} . Andre støymål som beregnes er blant annet ekvivalentnivået, L_{Aeq} , for dag og for natt eller for hele det dimensjonerende middeldøgn. Beregningsresultatene fremkommer som støykurver (sonegrenser) som kan tegnes i ønsket målestokk. Alle resultatene leveres på SOSI filformat.

Nortim-programmene ble i 2002 endret ved at nye algoritmer for beregning av bakkedemping og direktivitet ble tatt i bruk. Årsaken var at den moderne flyparken har andre karakteristika enn de som ble benyttet da de grunnleggende rutiner ble utviklet sent på 1970 tallet. De gamle rutiner var utelukkende empirisk utviklet, mens de nye er en blanding av empiri og teori. Bakkedemping er basert på en teoretisk modell, mens direktivitet er basert på måleserier på Gardermoen i 2001 og således empiriske. Etter endringene viser sammenligninger av lang tids målinger og beregninger for tilsvarende trafikk et avvik på i gjennomsnitt under 0.5 dB.

Beregningsprogrammet inneholder en database for 275 ulike flytyper. Databasen er i hovedsak en kopi av INM 6.0c databasen og senere oppdateringer av denne, supplert med profiler fra NOISEMAP og med korrigerede støydata for 2 flyfamilier (737-600/700/800 og MD81/82/83). Ved bruk av en liste over substitutter for flytyper som ikke inngår i databasen, kan det beregnes støy fra omlag 650 forskjellige typer fly. I tillegg er det mulig å legge inn brukerdefinerte data for fly- og helikoptertyper som ikke er definert i databasen. I slike situasjoner hentes data fra andre anerkjente kilder eller egne målinger.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

7. Grenseverdier krav og retningslinjer

Måleverdier

Måleenhet	Forklaring
L_{den}	A-veiet ekvivalent lydtryknivå for et helt døgn, korrigert for dag-, kveld- og nattperioder, med henholdsvis 0 dB, 5 dB og 10 dB.
L_{5AS}	Det A-veide nivå målt med tidskonstant «Slow» på 1 sek som overskrides i 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode (T-1442 benytter 8-timers nattperiode 07) dvs et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser.
$L_{p,Aeq,T}$ L_{AeqT}	Det ekvivalente lydnivået (angis også som L_{Aeq}/L_{eq}) er et mål på gjennomsnittlig nivå for støy over en bestemt periode T (oftest 24 timer).
L_{night}	A-veiet ekvivalentnivå for 8-timers nattperiode 23-07.
$L_{p,AFmax}$	A-veiet maksimalt nivå målt med tidskonstant «Fast».
MFN Night	Denne enheten gir det støynivået som overskrides tre ganger per uke (på nattestid), og representerer altså et nivå som forekommer regelmessig. I veilederen til retningslinje T-1442 er det derfor klargjort at for flystøy så kan støyenheten MFN Natt brukes som erstatning for L_{5AS} .

Tabell 2 Forklaring av måleenheter

T-1442 – Anbefalte grenseverdier for utendørs støy

I Norge har man nå valgt å beskrive flystøy på samme måte som annen transportstøy, ut fra en kombinasjon av både A-veid og døgnveid ekvivalentnivå L_{den} ($L_{day-evening-night}$).

I tillegg er det på natt (23-07) lagt til et tilleggskriterium basert på L_{5AS} . L_{den} tar hensyn til enkelthendelsenes nivå, varighet og hyppighet ved å summere all lydenergi beregnet over et hektisk middeldøgn overlagret en døgnveiling som vektlegger støyens økte ulemper på kveld og natt. I støysonekartlegging tillegges L_{5AS} vekt i tilfeller hvor nattrafikk medfører nivåer som indikerer større ulemper enn beregnet ekvivalentnivå (L_{den}) for flyplassens totaltrafikk skulle tilkjenne. I denne utredningen brukes imidlertid MFN-Night som måleverdi på L_{5AS} og det henvises til rapport fra SINTEF IKT, Appendix A, for redegjørelse for dette.

Tabellen under gir anbefalte støyyverdier for utendørs støy ved flyplassnære områder utenfor avvikssoner.

Støykilde	Støynivå på uteplass og utenfor rom med støyfølsom bruk	Støynivå utenfor soverom, natt kl. 23 – 07
Flyplass	L_{den} 52 dB	L_{5AS} 80 dB

Tabell 3: Anbefalte støygrenser ved bygging av boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, skoler og barnehager i flyplassnære områder utenfor avvikssoner.

Veilederen til T-1442/2012 gir følgende føringer til slike avvikssoner under kapittel 3.4.2 Ny bebyggelse i støysoner – avvik fra anbefalingene:

«Ved planlegging av ny støyfølsom bebyggelse i støysonene, skal det vises varsomhet. For det første anbefales sterkt at det utarbeides reguleringsplan for etablering av ny støyfølsom bebyggelse i støysonene. Det må også kreves støyfaglig utredning.»

Veilederen beskriver i det etterfølgende ulike kompenserende tiltak ved avvik:

- Tiltak hvor plangrep og planløsninger tilpasses støysituasjonen
- Gjennomgående leiligheter med tilgang til stille side. Alle boenheter bør ha tilgang til stille side, slik at vindu for oppholdsrom vender mot stille side.
- Størst mulig andel av oppholdsrom bør vende mot (og ha vindu eller dør) mot stille side. Dette bør inkludere minst ett soverom.
- Alle boenheter får tilgang til et stille utendørs oppholdsareal som tilfredsstillende grenseverdikravet i tabell 3 i T-1442/2012.
- I tillegg forutsettes mekanisk balansert ventilasjon (krav i TEK). Vinduer mot soleksponert side bør ha utvendig solavskjerming. Behov for kjøling må også vurderes.

T-1442 – Grenseverdier for innendørs støy

Retningslinjen T-1442 inneholder ikke separate krav til innendørs støynivå. Det vises her til byggeteknisk forskrift. Dette vil følges opp i den videre prosjektutviklingen.

Vurdering av innendørs støyforhold baseres på beregnet utendørs døgnekvivalentnivå ($L_{pAeq24h}$) med fratrukket beregnet eller målt fasadeisolasjon. Grenseverdier for lydnivå innendørs i boliger fra utendørs støykilder er angitt i NS 8175:2012, "Lydforhold i bygninger - Lydklasser for ulike bygningstyper". Standarden angir lydklasser fra A til D der klasse A har de strengeste kravene og klasse D de minst strenge. For å oppfylle lydkravene i teknisk forskrift må minimum lydklasse C i NS 8175:2012 være tilfredsstillende. Boligkravet i klasse C er at innendørs støynivå fra utendørs støykilder ikke skal overskride $L_{pAeq24t} \leq 30$ dB. Kravet gjelder i oppholdsrom som soverom, gjesterom, stue samt i kjøkken. For bad, gang, lagerrom etc. stilles ingen spesielle forskriftskrav mht. støy.

T-1442 - Krav til utearealer

Definisjonen av uteareal sier at arealet må være egnet til formålet, og således bør ha gunstig eksponering i forhold til sol, støy, vind etc.

Privat uteareal

Alle boenheter bør, i h.h.t. T-1442, minst ha ett privat uteoppholdsareal hvor støykravene er tilfredsstillt. Det private uteoppholdsarealet bør være et usjenert sted for opphold som solbading, lek og hvile. Privat uteoppholdsareal må skjermes mot innsyn, ferdsel og andre sjenerende aktiviteter, og det må ha solinnfall. Hovedorienteringen skal derfor normalt ikke være mellom nord og nordøst. Uteoppholdsplassen bør stå i god forbindelse med stue/kjøkken og ha ettermiddagssol. Bruk av takterrasser som privat uteoppholdsareal godtas dersom denne har direkte utgang fra leilighet.

Felles uteareal

Felles utearealer er beregnet på sambruk. Viktigst er lek og opphold.

Veilederen til T-1442, kapittel 3.4.4 har følgende anbefalinger om størrelse og kvalitet for støymessig tilfredsstillende utearealer i avvikssoner (utdrag):

- Stille del av uteoppholdsareal bør være minst 15 m² pr boenhet, fordelt på felles og privat uteareal. For leiligheter med to rom og mindre kan det alternativt benyttes en prosentsats i forhold til leilighetenes BRA, men ikke lavere enn 6 m² per boenhet.
- Alle boenheter bør ha et privat uteareal. Privat uteareal bør være minimum 6m² og inngår som en del av "stille del av uteoppholdsareal".
- Takterrasser kan inngå i utearealet. Både felles og privat uteareal kan legges på tak, men privat uteareal bør ha direkte utgang fra leilighet. Det anbefales at mer enn 50 % av "stille del av uteoppholdsareal" er på bakkeplan.
- Med tilgjengelig park/friområder (med støynivå under anbefalte grenseverdier) innenfor 100 m gangavstand fra boligene kan inntil 50 % av felles uteareal erstattes av tilgjengelig nærområde. Med gangavstand fra 100 – 300 fra boligene kan inntil 25 % av felles uteareal erstattes av tilgjengelig nærområde. Med over 300 m gangavstand kan tilgjengelig nærområde ikke inngå som en del av boligens "stille del av uteoppholdsareal".
- Veilederen åpner for innglassing av private balkonger på støysiden. Den anbefaler at kun halvparten av det innglassede arealet regnes som uteareal og at det kompenseres med f.eks balkong på stille side på skyggesiden eller annet uteareal.

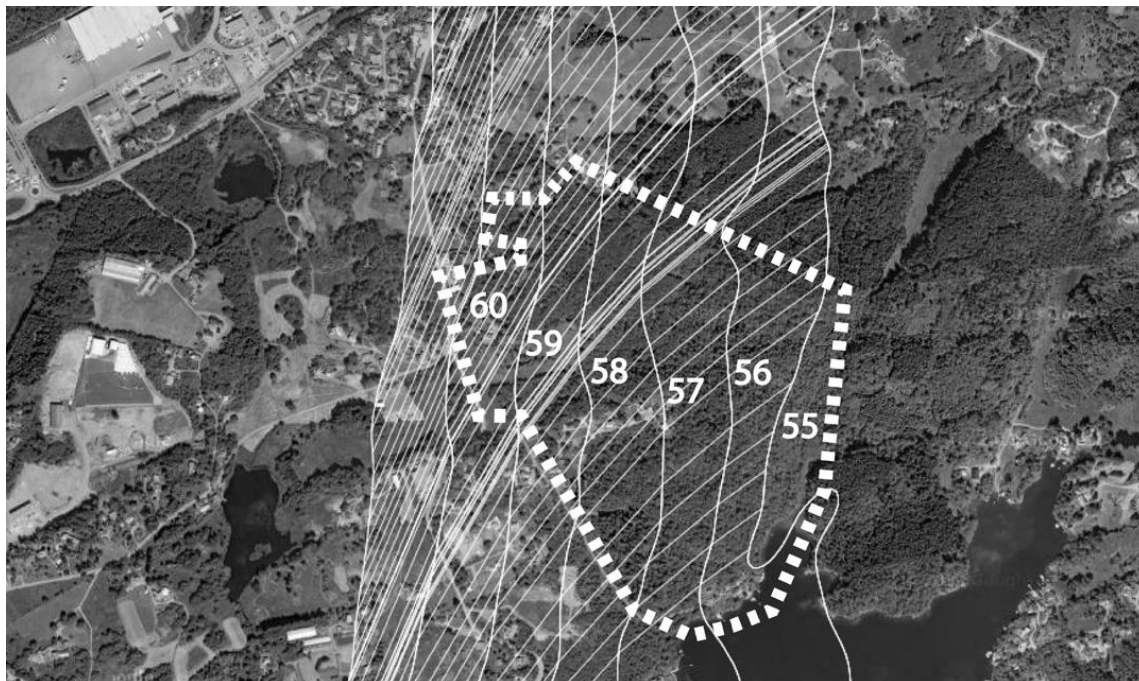
8. Beregninger og metode

SINTEF har gjort flere beregninger for Bergen lufthavn Flesland, beregnet for ulike årstall og med ulike forutsetninger lagt til grunn. I dette prosjektet er det lagt til grunn en perspektivberegning for 2050 (beregnet i 2007), samt en prognose for 2030 (beregnet i 2014). For begge beregninger er det antatt at lufthavnen er utbygd til to rullebaner, med den nye rullebanen plassert øst for eksisterende bane. Førstnevnte beregning (for 2050) ligger til grunn for "Temakart Støy" for Bergen kommune, og kan anses som et "worst-case" scenario. Beregningen for 2030 er utført med en nyere versjon av programmet *Nortim*, hvor det blant annet er gjort noen forbedringer i rutinene for beregning av skjermvirkning fra bygninger. Begge beregningene er utført i hht. retningslinje T-1442/2012, som er nærmere beskrevet i SINTEF notat av 16.03.2015 som del av denne rapporten.

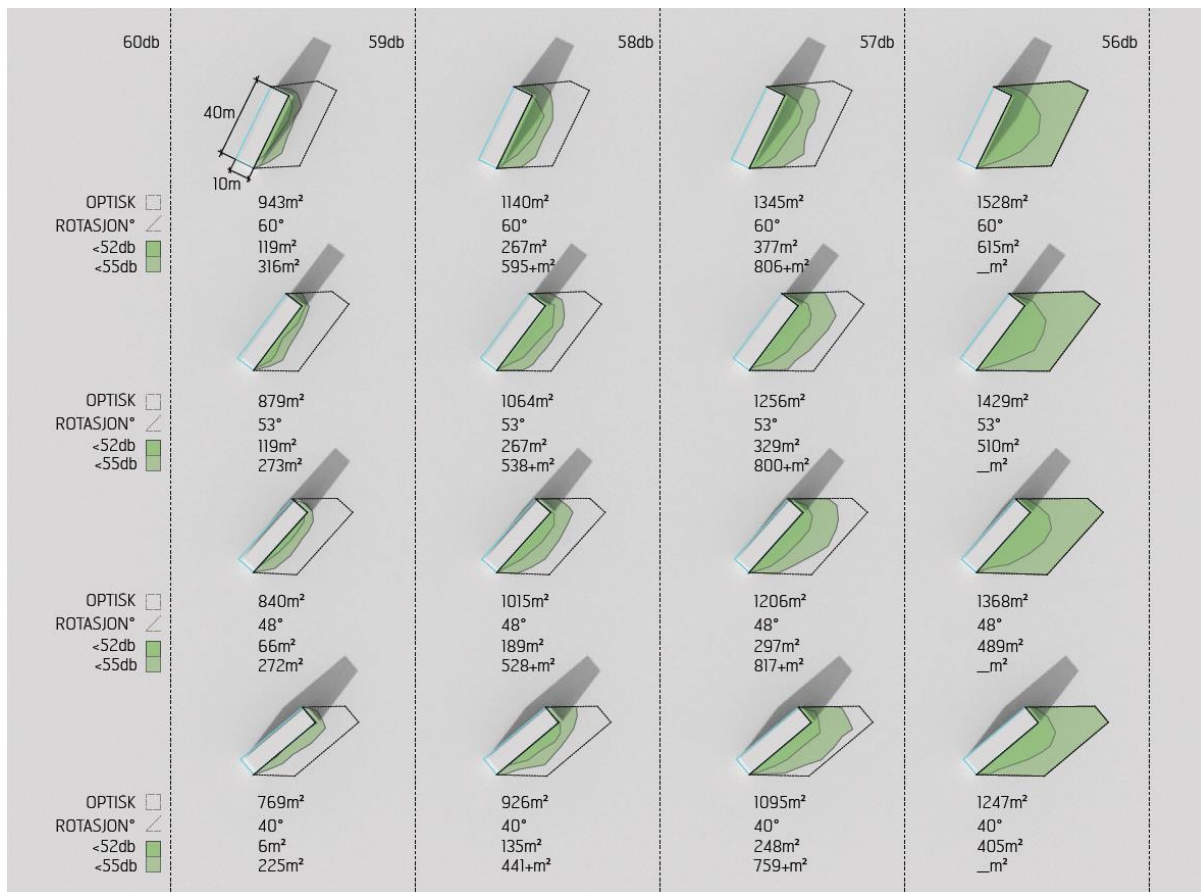
For å få utført simuleringer for et gitt område er en vanligvis avhengig av ressurser og kapasitet hos SINTEF IKT, hvilket gjør det krevende å få analysert et stort omfang alternativer i et prosjektutviklingsforløp uten at svartiden blir for lang.

I forbindelse med Zero Village Bergen er det blitt utviklet en *utveksling* mellom 3D-modellen og NORTIM som gjør det mulig å optimalisere bygningsmassen/skjermingsvolumene slik at både lyd- og solforhold kan avleses ut fra plassering, orientering og høyde. Skjermingseffekten av 3D-volumer og terreng i Snøhetta sine modeller verifiseres ved kopling til beregningsverktøyet NORTIM. Metoden er utviklet av Snøhetta i samarbeid med SINTEF IKT.

Basert på et kotekart (gjennomsnittsverdier) for flystøy fra vest mot øst over tomten, naturlig terreng og solforhold, ble det i designprosessen utviklet "støybånd" (grid) som beskriver optimal orientering for volumene i de ulike sonene. Det illustrerte griddet beskriver en vinkling av bygningsvolumene basert på plassering på tomten. Se figur 2.



Figur 2 Eksempel på grid-dannelse (støy og sol) som angir optimal orientering for bygningsvolumene



Figur 3 Eksempel på analyse som danner grunnlag for grid og orientering av bygningsvolumer over tomten(støy og sol)

Det er en 5-7 graders endring mot sørlig retning for hvert "støybånd" ettersom en beveger seg lengre øst og støynivået avtar. Slik forbedres solforholdene i uteoppholdsarealene der støyforholdene tillater det.

Med en kombinasjon av NORTIM og sol-analyse verktøy i Snøhetta 3D-modell er det mulig å optimalisere for kvalitetskriterier gitt av både støy, terreng og sol og slik utvikle bebyggelsesstrukturen gitt disse parameterne. Arbeidsmetodikken gir et mer gjennomarbeidet formsvar i en tidlig fase og legger flere føringer for dimensjonering av bygningsvolumer og boliger, tetthet i området og infrastruktur. Figuren 3 viser hvordan skjermet uteoppholdsareal endres ved endring av bygningsvolumenes vinkling innenfor de ulike støykotene. Simuleringene har resultert i optimaliserte bygningstypologier som er orientert slik at det etableres stille soner og sider for de enkelt bygningene. For de forskjellige områdene i planen er det utformet forskjellige volumer og bygningsstrukturer ut fra de kvantitative kravene til støyskjerming og sol, samt utforming av urbane områder og klyngetun.

9. Beskrivelse av bebyggelsesstrukturer

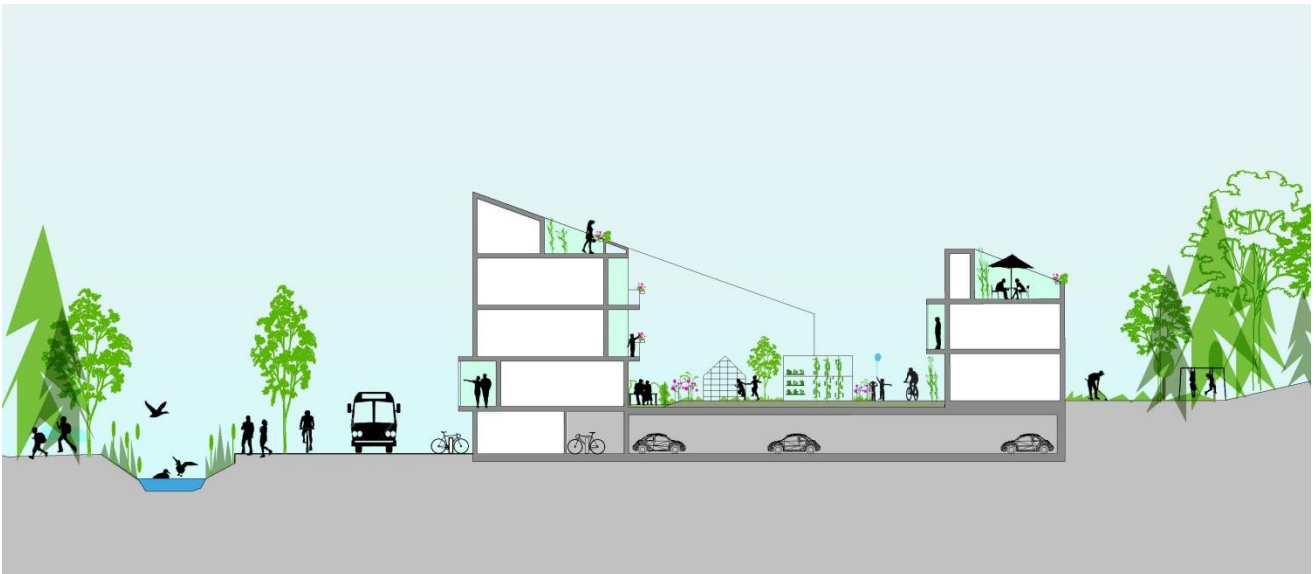


Figur 4 Situasjonskart Zero Village Bergen – bebyggelsesstrukturer

Ådlandsbyen Vest

Ådlandsbyen Vest (se figur 5) er bebyggelsen i dalen som leder fra Hjellesstadveien i vest og inn til den sentrale og åpne sletta i senter av området. Dette området introduserer seg i et torg som underbygger et mer urbant miljø med service-funksjoner og kollektivknutepunkt. Både gang- og sykkeltrafikk samt biltrafikk vil være konsentrert i dette området. Lamell-strukturen i bebyggelsens nordre rad danner en rygg mot støy samt trafikk, og grønne områder inviterer folk inn i gårdsrommene. Lamellene danner en vinkelform slik at gårdsrom og private uteplasser i størst mulig grad er skjermet fra flystøy fra sørvestlig retning. I lamellen vil

støvfølsomme funksjoner legges mot gårdsrommet. Inntrukne terrasser med glass-skjerming kan i tillegg legges på vestlig orienterte fasader. Inntrukne takterrasser henvendt mot sør vil med enkle skjermingstiltak (glasvegger) tilfredsstillende krav til privat uteoppholdsareal for de øverste etasjene. I den søndre raden er volumene mer fragmentert og gir en ledigere struktur i forholdet mellom gårdsrommene og den grønne skogkledde kammen i sør. Byggehøyden og L-formen i nordre rad er optimalisert for støyskjerming, mens byggehøyden i søndre rad sørger for gode solforhold i fellesarealer i gårdsrommene. Det legges her til rette for støyskjermede takterrasser både til felles og privat bruk.



Figur 5 Ådlandsbyen Vest – snitt sett mot øst

Ådlandsbyen Øst

Ådlandsbyen Øst er området som strekker seg fra det åpne feltet sentralt i området (fotballbane og treningsområde) og helt inn mot LNF-området lengts øst på tomten. Bebyggelsen bryter ned de urbane dimensjoner i den vestlige delen og åpner for en struktur med mer landsbypreg. Støybelastningen er redusert i dette feltet slik at volumene stadig sørger for at uteoppholdsrom har gode lydforhold, solforhold og siktlinjer. Terrenget er hevet for å optimalisere lysforholdene. I tillegg til private- og felles utearealer mellom bygningsvolumene, er som i Ådlandsbyen Vest sørget for på skjermede terrasser og balkonger på stille side til privat uteopphold.



Figur 6 Solstudie for hele området 20/5 kl 12

Ådlandstun

Prosjektets mål om å sikre kvalitet i uteoppholdsrom, underbygge sosialt samhold, redusere terrenginngrep og legge til rette for grønn mobilitet understøtter prinsippet om å samle boenheter i tun. I tillegg til at tunene tilpasser seg naturlig topografi og bidrar til å reduserte bilveier, gir de trygge, felles uterom der både støy er sol er godt håndtert.



Figur 7 Ådlandstun i typisk terreng med 2 m terrengfall - snitt sett mot øst



Figur 8 Eksempel på typiske Ådlandstun – orange farge indikerer støydempede utearealer/grå felt angir skygge 21/6 kl 12

Bygningsmassen er simulert og optimalisert for å sørge for best mulig solforhold i uteoppholdsarealer og på fasader året rundt. I tillegg skal det tilrettelegges for produksjon av solstrøm på hustakene (sørøst – sørvest).

Et viktig element for planen er inngangsatriene som strekker seg ut i tunet. Disse sørger for skjerming for støy fra sørvestlig retning, samtidig som de betjener kommunikasjon og fellesarealer knyttet til boliginn ganger og kjeller.

I de fleste tun faller eksisterende terreng mellom 1 og 3 meter i nord til sør retning. I opparbeiding av tunene legges det til rette for en gjennomsnittlig høydeforskjell på 2 meter. Økt høyde i nordre husrekke gir økt skjermingsverdi samtidig som høydeforskjellen forbedrer solinnfall på fasaden i denne raden. Bygningsvolumer i søndre rad er i de fleste tilfeller senket med en etasje inforhold til nordre rad for å sikre maksimalt solinnfall på utearealer og fasader.

Der naturlig terreng skråer mer enn gjennomsnittet, etableres en ekstra sokkeletasje i søndre rad med ensidig lysinnfall. Denne etasjen vil da tilhøre boenhet i etasjen over med inngang fra tunet.

Der naturlig terreng er tilnærmet flatt vil avstanden mellom nordre- og søndre rad økes for å sikre solforhold i tunene. I enkelte tilfeller vil og antall etasjer måtte reduseres ytterligere i søndre rad for å oppnå optimale forhold.

Oppsummert er støyberegningene for disse typologiene oppsummert i situasjonsplan for støy i figur 9

10. Resultater

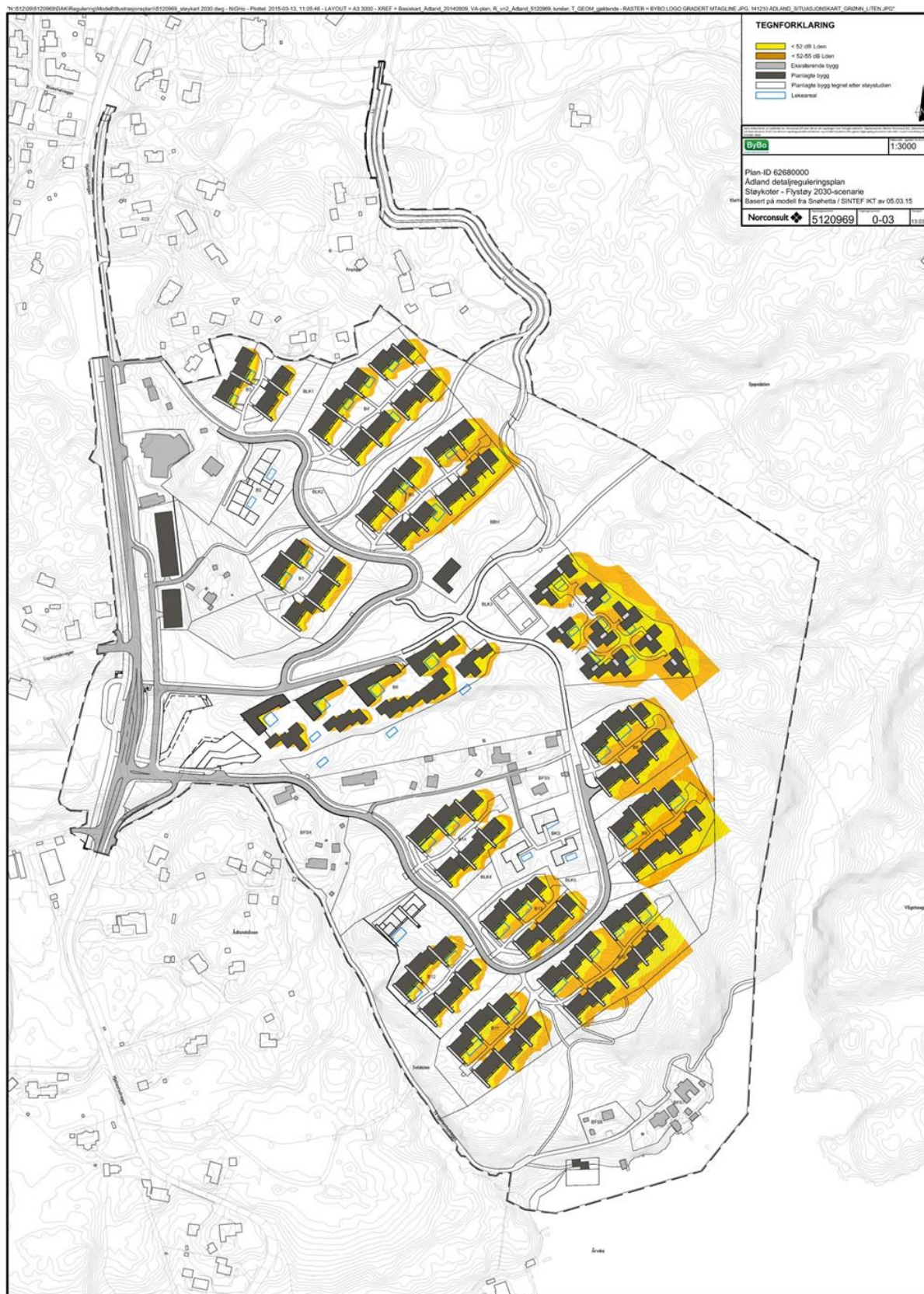
Tabellen under viser de beregnede verdier som fremkommer for de forskjellige feltene med ulike forutsetninger for beregning

Reguleringsplan		Resultater av modellering/beregninger					
Felt	Antall boliger i planen	Sum skjermet uteareal (<Lden 52 dB) u/ hensyn til sol	Sum uteareal (<Lden 52 dB) med sol vårjevndøgn	Sum skjermet privat uteareal (terrasse) pr bolig 7m ²	Uteareal fra Lden 52 til 55	Sum uteareale <Lden 55. Beregnet	Utearealer <55dB og sol vårjevndøgn (med sol)
1	39	692	150	273	1479	2171	1629
2							
3	22	326	50	154	277	603	327
4	58	1531	477	406	1281	2812	1758
5	75	2391	1159	525	2545	4936	3704
6	140	1379	417	980	1369	2748	1786
7	90	3890	1842	630	5777	9667	7619
8	51	1485	785	357	2641	4126	3426
9	51	2699	1863	357	2004	4703	3867
10	58	2629	1430	406	4033	6662	5463
11	48	1123	181	336	1685	2808	1866
12	35	720	157	245	667	1387	824
13	35	1062	442	245	1391	2453	1833
14	40	1000	367	280	973	1973	1340
SUM	742	20927	9320	5194	26122	47049	35442

Tabell 4 Oversikt over fordeling av felt med antall planlagte boliger med tilhørende areal for skjermet uteareal med ulike forutsetninger

Tabellen viser at det i sum er 20.927m² skjermet uteareal under L_{den} 52 dB. Støykart over området er vist i figur 10. Felt 2 er ikke beregnet i modellen, men har lite betydning da dette inneholder svært få boliger. Modellering og beregning av dette feltet må gjøres i forbindelse med byggesøknad. Sum skjermede utearealer med sol i henhold til anbefalingene utgjør 14.515m² inkludert private uteareal. Det er med andre ord mulig å bygge et betydelig antall boliger i feltet.

I tillegg er det gjort beregninger av skjermede utearealer med L_{den} mindre enn 55 dB og med gode solforhold på 35.442m². Dette arealet er et uttrykk for spillerommet i planen hvor en optimalisering av både bygningsvolum og skjerming kan øke det skjermede arealet vesentlig.



Figur 11 Støykart over området der gul markering representerer L_{den} mindre enn 52dB og oransje under 55dB

11. Utbygningspotensiale

Utbyggingspotensialet i planområdet er avhengig av bygningenes plassering, orientering, høyde og eventuelle andre skjermingstiltak. Det er gjennomført simuleringer av både 2050 og 2030 scenariet i henhold til støysonkart fra SINTEF. Det er ikke store forskjeller mellom disse to, men forskjellen blir noe større jo lengre bort fra flyplassen man kommer.

Tabellen under viser hvilket potensiale man har for bygging i de forskjellige feltene med gitt geometri og uten andre støyreducerende tiltak enn bygningskroppen for 2030-perspektivet.

Reguleringsplan		Resulterende antall boliger i henhold til krav i nasjonale retningslinjer T-1442		
Felt	Antall boliger i feltet (regplan)	Skjermet fellesareal $L_{den} < 52$ dB	Skjermet areal (Felles+ priv.) $L_{den} < 52$ dB	Med tilleggsareal fra $L_{den} 52-55$ $30m^2$ pr. bolig
1	39	46	64	69
2				
3	22	22	32	16
4	58	102	129	106
5	75	159	194	239
6	140	92	157	101
7	90	259	301	438
8	51	99	123	193
9	51	180	204	315
10	58	175	202	325
11	48	75	97	80
12	35	48	64	43
13	35	71	87	105
14	40	67	85	81
SUM	742	1395	1741	2113

Tabell 5 Tabellens 2 første kolonner viser antall boliger som er planlagt inn i de forskjellige feltene basert på både støykrav og andre kvalitetskrav til utearealene. Resterende kolonner viser hvor mange boliger det som er mulig å bygge ved å legge til grunn støykrav i retningslinjen T-1442 uten hensyn til andre kvalitetskrav.

Beregningene er gjort med grunnlag i beregningsverktøyet fra SINTEF – NORTIM og gir gjennom simulering tilgjengelig skjermet areal. Det er så beregnet resulterende antall boliger med $15m^2$ skjermet areal under $L_{den} 52$ dB. T-1442 setter ikke krav til størrelsen på utearealene og i denne beregningen er det lagt til grunn $15m^2$ på bakkeplan (kolonne 2). Alle boligene har privat uteareal på $7m^2$ og i kolonne 4 i tabell 1 er det private utearealet lagt til det totale skjermede arealet. Altså $15m^2$ skjermet areal fordelt på felles og privat uteareal. Siste kolonne i tabellen viser skjermet areal mellom $L_{den} 52$ dB og 55 dB og er i denne sammenhengen et uttrykk for potensialet for ytterligere utbygging ved optimalisering eller ved at disse arealene også regnes inn som uteareal.

Forslag til antall boliger i reguleringsplanen har et lavere antall boliger fordi det her også hensyntas andre kvalitetskrav, som sol, universell utforming mv.

Konklusjonen er at man utbyggingspotensialet i området er meget høyere om man kun hensyntas skjerming for flystøy. Med andre kvalitetskrav vil naturlig potensialet i område reduseres, men fremdeles være vesentlig.

Spesifikke løsninger for støyskjerming av private uteoppholdsrom

L_{den} verdiene beskriver støynivå i uterom målt 1.5m over bakken. Private oppholdsarealer i form av terrasser og balkonger og utearealer på bakken i direkte tilknytning til boliger ligger mot stille side og er altså i hovedsak sikret støynivå under 52db uten innglassing. Ved boenheter lengst vest vil individuelle vurderinger i den videre prosjekteringen måtte til for å sikre dette. Private oppholdsarealer på nordvestlige fasader og tak direkte tilknyttet boenheter (dvs. balkonger, terrasser) ville måtte være innglasset for å kunne regnes som tilstrekkelig støyskjernet.

Spesifikke løsninger for støyskjerming av lekeplasser og ballbane

Lekearealene søkes lagt til de dempede arealene i hvert tun/gårdsrom. Ytterligere skjermingstiltak i form av glassvegger må gjennomføres der støyverdiene er for høye vurderes og integreres i utvikling av fellesarealene i den videre prosjekteringen. Graden av skjermingsbehov er avhengig av plassering på tomta. Deler av lekeplassene kan dermed ha tak eller utformes som paviljonger. Dette vil gi skjerming mot vær og flystøy.

Ballbanen er lagt til et område som er naturlig skjermet av terreng/topografi. I tillegg til at den skal være et sentralt element med god tilknytning til gang- og sykkelveier fra alle boliger, er den søkt lagt så langt mot øst i området som mulig av hensyn til støyverdiene.



Figur 12 Illustrasjon av arealene i Ådlandstun