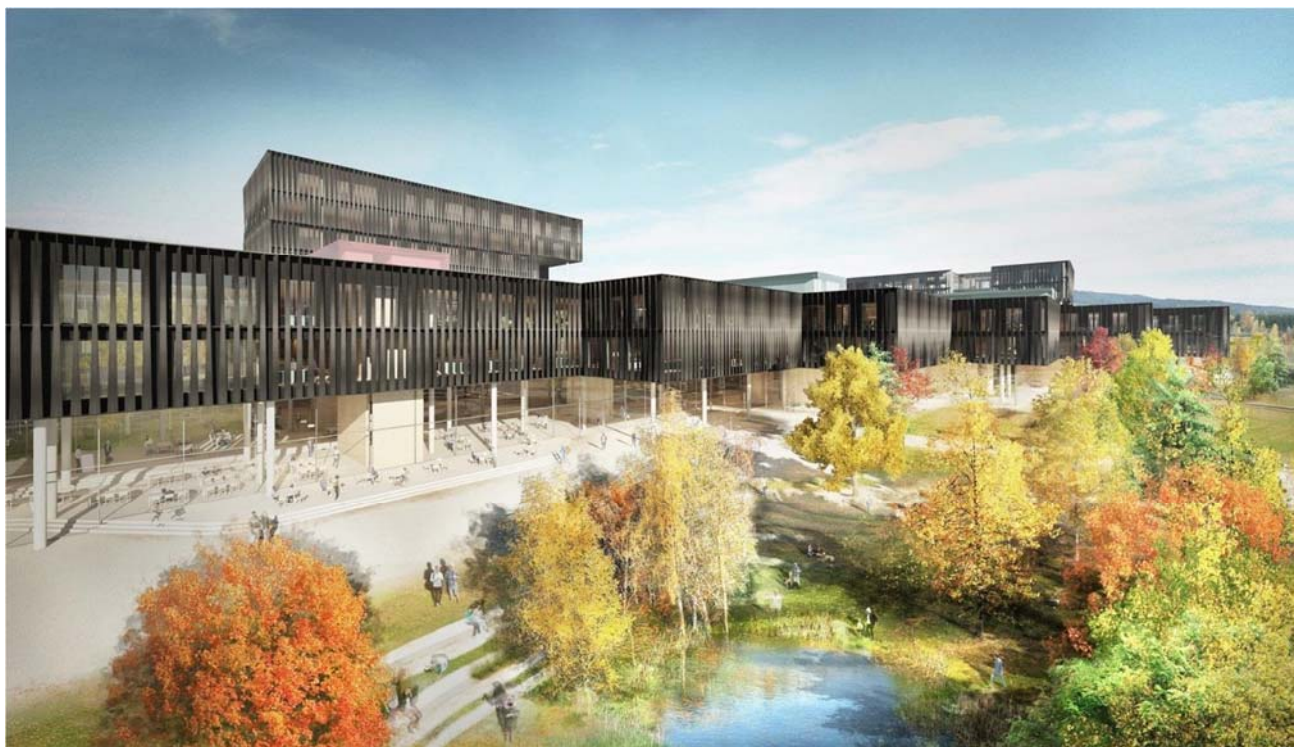


1004501 UiO Livsvitenskapsbygget *Romakustikk* *Materialer, mengder og beskrivelser*



Rev.	Beskrivelse	Rev. dato	Utarbeidet av:	Kontrollert av.	Godkjent av:
01	Forprosjekt	15.04.2016	IT	IAA	IT
00a	Utgitt for TFK	14.03.2016	IT	IAA	
00	Foreløpig, for kommentar	01.02.2016	IT		
PGL	Ratio Arkitekter as		RIBr	Erichsen & Horgen as	
ARK	Ratio Arkitekter as / CUBO AS		RIBfy	Erichsen & Horgen as	
IARK	Ratio Arkitekter as		RIAKu	Brekke & Strand as	
RIB	MOE AS / Høyer Finseth as		RIG	MOE AS / Grunn Teknikk as	
RIV	Erichsen & Horgen as		RIEn	Erichsen & Horgen as	
RIE	Ing. Per Rasmussen as		Bream AP	Erichsen & Horgen as	
LARK	Ark Kristine Jensens Tegnestue AS Bjørbekk & Lindheim AS		BIM	SWECO BIM-lab	

**INNHold**

0	OPPSUMMERING	3
1	FORMÅL	4
2	PROSESS OG FORANKRING I PROSJEKTET	4
3	GRUNNLAG OG REFERANSER	4
4	SÆRSKILTE FOKUSOMRÅDER	4
5	STATUS, AKUSTISK BEHANDLING AV ROM	5
6	MATERIALER FOR AKUSTISK BEHANDLING AV ROM	7
6.1	Absorbenter	7
6.2	Diffusorer	8
6.3	Reflektorer	8
7	ALMENNINGEN	10
7.1	Hovedrommet	10
7.1.1	Informasjon, grenseverdier og grunnlag	10
7.1.2	Modell og beregningsvarianter	10
7.1.3	Beregningsresultater	11
7.1.4	Vurderinger	12
7.1.5	Videre arbeid	13
7.2	Kantine	14
7.2.1	Informasjon, grenseverdier og grunnlag	14
7.2.2	Modell og beregningsvarianter	14
7.2.3	Beregningsresultater	15
7.2.4	Vurderinger	16
7.2.5	Videre arbeid	16
8	AUDITORIER	17
8.1	Stort auditorium	17
8.2	Mellomstort auditorium	19
8.3	Små auditorier	20
9	KONTORLANDSKAP	22
9.1	Et fungerende kontorlandskap	22
9.2	Krav og målsetninger	22
9.3	Romakustiske løsninger	22
9.4	Romakustiske beregninger	23
9.4.1	Beregningsmodeller	23
9.4.2	Resultater, etterklangstid	24
9.4.3	Romakustiske parametre i NS-EN ISO 3382-3	24



0 OPPSUMMERING

For å tilfredsstille kravene til romakustikk i prosjektet er det nødvendig med utstrakt bruk av absorberer, som himlinger og som veggkledninger. Dette er koordinert med arkitekt og ivarett slik status i prosjektet er.

Generelt er det planlagt med gode lydabsorberende himlingsløsninger i alle rom, enten i form av nedfореde løsninger eller som direkte monterte løsninger. Nødvendige mengder veggabsorbenter er også gitt. Til sammen gir dette de forskjellige rommenes "absorbentbudsjett" som må legges til grunn for videre arbeider i detaljprosjektet.

Følgende arbeider må utføres i detaljprosjektet:

- Endelig koordinering av materialvalg og romakustiske behandling av rom
- Analyser av konstruksjonsløsninger og deres ytelse
- Analyser av romakustikk i rom som:
 - Allmenningen
 - Kantine
 - Auditorier
 - Kontorlandskap
- Vurdering og analyser av akustiske forhold i lokale områder i allmenningen, spesielt knyttet til ekspedisjon, "lesesalsplasser", lokalt fremføringsområde o.l.
- Vurdering av møblering og akustiske premisser for disse



1 FORMÅL

Dette notatet beskriver prinsippmessig hvordan kravene til romakustikk skal tilfredsstilles. Kravene har sitt grunnlag blant annet i PBL.

Det er gitt anvisninger for materialer som kan benyttes og hvor store arealer som kreves. I tillegg er det beskrevet ønskede plasseringer, der det vurderes som kritisk.

2 PROSESS OG FORANKRING I PROSJEKTET

RIAKU er i hovedsak en premissgivende prosjekterende, og det vil være andre fag som er ansvarlig for å innarbeide løsningene på tegninger og andre beskrivelser.

Øvrige prosjekterende, da spesielt ARK, må gjøre seg kjent med innholdet i dette notatet, og det er vesentlig at eventuelle konflikter mellom premisser fra forskjellige fag avdekkes og løses.

Alle beskrivelser og skisser er utarbeidet med hensyn på lydforhold alene, og må koordineres med øvrige fag før de kan innarbeides på arbeidstegninger.

Notatet forventes å utvikle seg med prosjektet.

3 GRUNNLAG OG REFERANSER

Som grunnlag for beregninger og vurderinger er det benyttet forskjellige metoder. For mindre kritiske rom og generelle vurderinger er det benyttet beregninger etter Sabines metode, som beskrevet i byggdetaljblad 527.300, kombinert med erfaringsdata. Supplerende beregninger for de mest kritiske rommene er utført med Odeon v.12, som baserer seg på strålegangsberegninger.

Grunnlag for de fleste beregninger er arkitektmodell lastet ned fra prosjektets arbeidsområde i begynnelsen av november 2015. Arkitektmodellen har utviklet seg siden det, og noen av rommene er endret.

Dimensjoneringskriteriene for beregningene er grenseverdiene angitt i notat NO-RIAKU-20-01 "Krav og grenseverdier".

4 SÆRSKILTE FOKUSOMRÅDER

Auditoriene er spesielt avhengig av gode romakustiske forhold for å fungere tilfredsstillende, og det er spesielt vesentlig å sikre god taleydighet samt å unngå forstyrrende akustiske fenomener.

Allmenningen, som er et stort volum, skal fungere for mange personer og mange forskjellige aktiviteter samtidig. Derfor er det viktig at de akustiske forholdene sikrer denne allsidigheten for at volumet skal fungere. Samtidig er kantinen, som en del av Allmenningen, et eget område som er avhengig av gode lydforhold.

Kontorlandskap er gitt fokus ved at det er satt opp målverdier i henhold til standarden NS-EN ISO 3382-3.



5 STATUS, AKUSTISK BEHANDLING AV ROM

Det må være lydabsorbenter i alle rom beregnet for varig personopphold, og normalt vil det innebære at himlingen i rommet må være lydabsorberende. En lydabsorberende himling vil også komme i tillegg til en eventuell lydisolerende himling. Himling i akustisk sammenheng behøver heller ikke å være en nedforet systemhimling. Det kan like gjerne være himlingsløsninger med produkter/konstruksjoner direkte montert i dekket.

I tillegg må det forventes at en stor andel rom må ha veggabsorbenter for å tilfredsstille grenseverdiene.

I rom med særskilte krav, f.eks. til vaskbarhet, kan det være problematisk å ha absorbenter. Det må vurderes særskilt i hvert enkelt tilfelle om en kan fravike grenseverdiene til romakustikk og om det er mulig med avbøtende tiltak.

I tabellen under er det gitt hovedprinsippene per nå for akustisk behandling av rommene i bygget. For alle større rom må det gjøres en mer detaljert vurdering av materialer og plassering i neste fase av prosjektet.

Tabell 1- Romakustisk behandling av rom.

Rom / areal	Romakustisk behandling Absorbentklasser iht. NS-EN ISO 11654	Kommentarer
Allmenningen	Alle himlinger ¹ utføres med en klasse A løsning. Mange veggflater i allmenningen må kles med en klasse B type absorbent – og samlet areal må utgjøre minst 18 % – 19 % av gulvarealet i allmenningen. Lysgårdene som går fra allmenningen opp til tak, må kles med absorbenter slik at midlere absorpsjonsfaktor for disse vegg og himlingsarealene utgjør minst 0,4.	Allmenningen er utredet nærmere i kapittel 7.1. Møblering er ikke inkludert i vurderingen og vil kunne virke positivt.
Kantine	Alle himlinger utføres med en klasse A løsning. Mange veggflater i kanten må kles med en klasse C type absorbent – og samlet areal må utgjøre minst 17,5 % av gulvarealet i allmenningen. Lysgården som går fra kanten opp til tak, må kles med absorbenter slik at midlere absorpsjonsfaktor for disse vegg og himlingsarealene utgjør minst 0,4.	Kanten er utredet nærmere i kapittel 7.2. Møblering er ikke inkludert i vurderingen og vil kunne virke positivt.

Romakustikk
Materialer, mengder og beskrivelser

Dato: 01.02.2016

Rom / areal	Romakustisk behandling Absorbentklasser iht. NS-EN ISO 11654	Kommentarer
Auditorier	Minst 70 % av himlingen må ha en klasse A kvalitet. Øvrig himlingsareal kan utføres reflekterende, og utformes i tilfelle i forhold til taleposisjonen i rommet. Bakvegg og noen av de øvrige veggflatene må kles med en klasse A absorbent, totalt areal må være om lag 10% av gulvareal. Sidevegger må utføres lydsprende. Stoler er forutsatt som moderat polstrede med tekstiltrekk.	Auditoriene er utredet i nærmere detalj i kapittel 8.
Kontorlandskap	Med bakgrunn i foreliggende møbleringsplan må: Himlingen være en heldekkende klasse A himling. Vegger må kles med klasse A absorbenter i en utstrekning som tilsvarer om lag 20 % av gulvarealet i området som skal dekkes. Møbleringsløsninger med absorberende flater kan inkluderes i dette arealet. Arbeidsplasser må skjermes fra hverandre.	Kontorlandskapene er utredet nærmere i kapittel 9. Slik situasjonen er nå, oppfylles ikke målverdiene i NS 3382-3.
Undervisningsrom Møterom Seminar- og grupperom	Heldekkende klasse A himling. Klasse A veggabsorbenter, 20 % av gulvareal.	For rom med store parallelle veggflater kan det og være nødvendig med lyddiffuserende elementer, alternativt at en ser på muligheten for å skråstille vegger.
Trapperom	Klasse C himling i topp av trapperom og under alle reposer.	
Større undervisningsrom Større seminarrom	Heldekkende klasse A himling. Klasse A veggabsorbenter, 25 % av gulvareal. I rom med definert formidlingsretning må veggabsorbenter i hovedsak plasseres på sidevegger og bak i rommet. For rom med store parallelle veggflater må det suppleres med lyddiffuserende elementer, spesielt på sidevegger i rom med definert formidlingsretning. Skråstilling av vegger er også en mulighet.	Det må normalt være taleforsterkningsanlegg i rom større enn 60 m ² eller med plass til mer enn 60 personer, men det kan være nødvendig med taleforsterkning i mindre rom også. Dette vil avhenge av forhold som romorganisering og/eller bakgrunnstøy.
Enkeltkontorer	Lydabsorberende himling, klasse B eller bedre	Veggabsorbenter er normalt ikke nødvendig
Videokonferanserom	Heldekkende klasse A himling. Klasse A veggabsorbenter, 30 % av gulvareal. Parallelle, harde veggflater er uønsket.	



Rom / areal	Romakustisk behandling Absorbentklasser iht. NS-EN ISO 11654	Kommentarer
Verksteder Instrumentrom	Heldekkende klasse A himling. Klasse A veggabsorbenter, 20 % av gulvareal.	
Korridorer/transport arealer med høy persontrafikk	Heldekkende klasse A himling. Klasse A veggabsorbenter, 10 % av gulvareal.	
Korridorer/transport arealer med lav persontrafikk	Heldekkende klasse A himling som hovedprinsipp.	Grunnet begrenset romhøyde og mye tekniske føringer må det jobbes videre med en delvis åpen himlingsløsning som absorberer lyd. Det kan kompenseres med veggabsorbenter for å avbøte på manglende absorpsjon i himlingene.
Generelle rom og arealer for personopphold	Heldekkende klasse A himling. Klasse A veggabsorbenter, 10 % av gulvareal.	
Laboratorier	Laboratorier må behandles som undervisningsrom, men må vurderes opp mot andre funksjonelle krav, f.eks. vaskbarhet. I laboratorier med mye møblering, f.eks. mange frittstående benkerader med overskap som i praksis deler av rommet i mindre soner, vil det være tilstrekkelig å kun ha et absorbentareal tilsvarende himlingen. Det er vesentlig at absorbentene er godt eksponerte for å ha effekt. Absorbenter plassert bak store og mange tekniskelementer vil ikke fungere etter intensjonen.	Laboratorier som utstyres med støyende enheter, som f.eks. avtrekksbenker, og som skal benyttes til undervisning, må vurderes med hensyn på taleforsterkningsanlegg for å sikre tilfredsstillende taletydighet.

6 MATERIALER FOR AKUSTISK BEHANDLING AV ROM

6.1 Absorbenter

Lydabsorberende produkter og løsninger klassifiseres i ht. NS-EN ISO 11654, der klasse A er den beste. Klasse A absorbenter er nesten utelukkende produkter som også har tykke sjikt med mineralullbaserte absorbenter. En oversikt over de ulike absorbentklassene og eksempler på typiske anvendbare produkter for hver av disse er gitt i tabellen under.

Absorbentklasse	Absorbent type, eksempler
A	<ul style="list-style-type: none">• Perforert strekkmetall med 50 mm isolasjon over, lydtransparent duk• Trespilepanel med høy åpningsgrad (ca. 50 %)• 15-20 mm mineralullplater i system nedsenket minimum 200 mm• 40 mm mineralullplater montert direkte i tak• Perforerte metallplater med høy perforeringsgrad, mineralull bak• Enkelte typer akustikkpuss



Absorbentklasse	Absorbent type, eksempler
B	<ul style="list-style-type: none">• Enkelte perforerte gipsplateprodukter• Treullsementplate med overliggende isolasjon• Akustikkpuss
C	<ul style="list-style-type: none">• Perforerte gipsplater, møbelplater el. likn. med fiberduk• Panelbord med spalter og mineralull bak

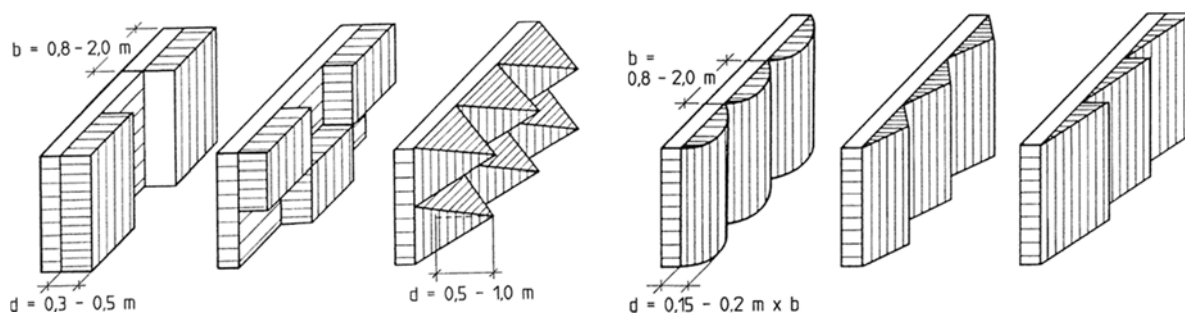
Om en benytter en absorbent med annen klasse enn den som anvises, så er det mulig å kompensere med større areal med absorbenten. Tabellen under er en anslagsvis veiledning.

Absorbent benyttet	Beskrevet absorbent				
	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D	Klasse E
Klasse A	-	89 %	67 %	33 %	17 %
Klasse B	113 %	-	75 %	38 %	19 %
Klasse C	150 %	133 %	-	50 %	25 %
Klasse D	300 %	267 %	200 %	-	50 %
Klasse E	600 %	533 %	400 %	200 %	-

For eksempel kan være mulig å benytte 113 m² med en absorbent som tilfredsstillende klasse B om det er satt krav til minst 100 m² med en klasse A absorbent. Tilsvarende kan det være tilstrekkelig å benytte 89 m² med en klasse A absorbent der det er beskrevet 100 m² med en klasse B absorbent.

6.2 Diffusorer

Lydspredende flater bør ikke absorbere for mye lydenergi, og de bør derfor bygges opp av samme type materialer som lydreflekterende flater. Eksempler på harde lydspredende flater er vist i Figur 1.



Figur 1: Eksempler på harde lydspredende flater².

Kunstneriske utsmykninger med irregulære overflater vil kunne være gode diffusorer, så lenge dybdevariasjonen i kunstverket er minst 0,2 meter.

6.3 Reflektorer

Lydreflektorer kan bidra til lydregulering i rom på mange måter, f.eks. ved å:

- Forsterke lyden med reflektor i nærheten av lydkilden
- Avhjelpe ekko i rom med stor takhøyde ved å gi refleksjoner med redusert veilengde
- Forsterke lyden på de bakerste tilhørerplassene

² Figuren er hentet fra SINTEF Byggforsk blad 527.300: «Romakustikk».



- Avhjelpe dårlig lydfordeiling

Flater som skal være lydreflekterende, må være tilstrekkelig tunge, stive og godt dempet, slik at man unngår etterklang i dem (flatene må ha høy indre tapsfaktor). Aktuelle reflekterende materialer for vegger og tak kan være platelag (f.eks. 2 x 13 mm gips), 1 – 1,5 mm stål-/aluminiumsplater med vibrasjonsdempende belegg, eller tunge konstruksjoner.



7 ALMENNINGEN

7.1 Hovedrommet

7.1.1 Informasjon, grenseverdier og grunnlag

Allmenningen deles funksjonelt opp i flere funksjonsområder som er betegnet som læringssenter, lesesal, loungesone, produksjonslab m.fl. Alle arealene ligger i samme volum uten særskilte veggavgrensninger. For beregninger av romakustikken må Allmenningen derfor behandles som ett stort rom.

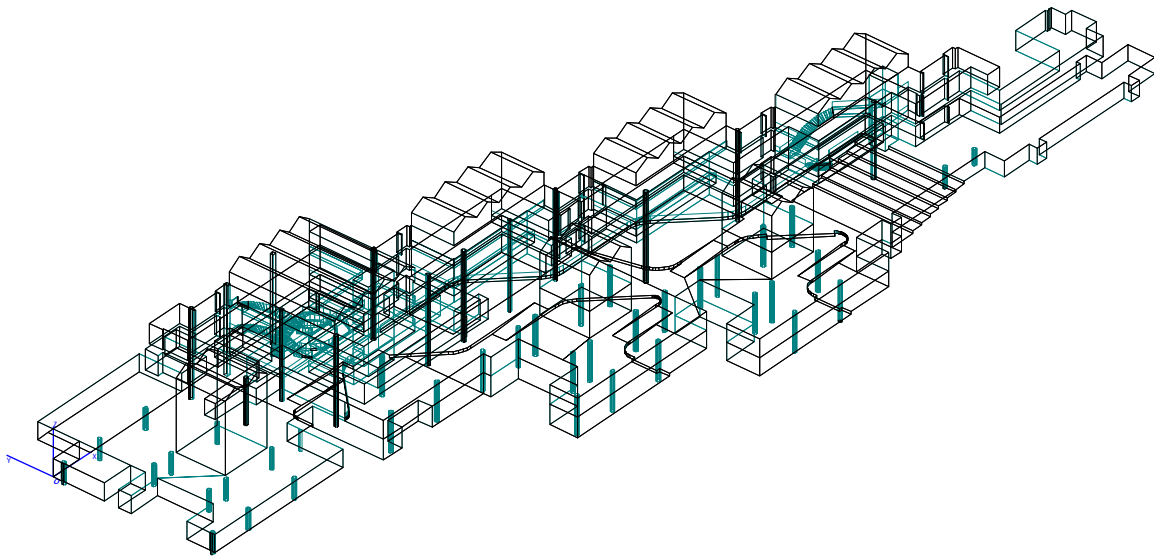
Gjeldende grenseverdier for rommet er

- midlere absorpsjonsfaktor for alle overflater større enn 0,2
- midlere etterklangstid som funksjon av romhøyden, lavere enn $T_h = 0,2$ h.

Sistnevnte er ikke bestemt eksakt³, men vurdert som høyden til hovedvolumet til rommet som er på 7,15 m (2 etasjer). Men rommet har en del arealer som kun har en etasje, høyde 3,2 meter, som også er tatt med i vurderingen av resultatene.

Beregningsmodellen er basert på arkitekts Revit modell datert 22.10.2015, og inkluderer alle lysgårdene samt til en viss grad korridorene rundt lysgårdene på plan 3 og 4.

7.1.2 Modell og beregningsvarianter



Figur 2: Skjermbilde av rommodellen benyttet til beregningene.

Som hovedtrekk skal alle flater i allmenningen som ikke er glassflater eller gulvflater ha en lydabsorberende evne. I beregningene er det benyttet fire forskjellige materialkombinasjoner, som angitt i tabellen under.

³ Eksakt skulle dette vært regnet som rommets totale volum delt på rommets totale gulvflate, som gir noen utfordringer i forhold til bedømmelsen av lysgårdene og arealene på plan 3 og 4. Høyden 7,15 meter vurderes likevel som representativ.



Tabell 2 - Materialtyper benyttet i beregningene for Almenningen, som andel av totalt overflateareal, for 4 forskjellige materialkombinasjoner. Tall i parentes er andel av gulvareal.

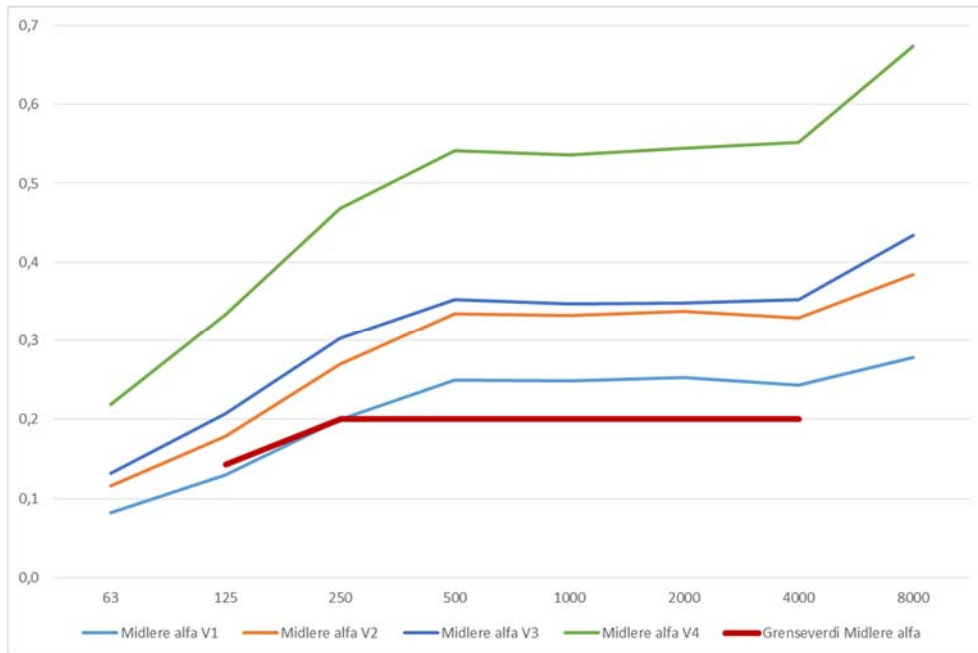
Materialtype	V1	V2	V3	V4	Plassering
40% absorpent ⁴	11,2 % (38,7%)				Vegger i lysgårder
Vanlige ikke-absorberende flater (middel)	18,5 % (64,2%)				Brystningsvegger og andre veggflater i korridorer o.l.
Klasse A absorpent	24,5 % (85,0%)		-	5,3 % (18,4%)	Himlinger / veggflater
Klasse B absorpent	-	5,3 % (18,4%)	-	-	Veggflater ⁵
Klasse C absorpent	5,3 % (18,4%)	-	-	-	Veggflater
Typisk nedforet klasse A systemhimling	-	-	24,5 % (85,0%)		Himlinger
Gulvmateriale	28,9 % (100,0 %)				Gulv
Alminnelig isolerglass	8,2 % (28,4 %)				Vinduer i fasade
Spaltepanel 500Hz	-	-	5,3 % (18,4%)	-	Veggflater
Glatt betong	3,4 % (11,7%)				Søyler og enkelte veggflater

7.1.3 Beregningsresultater

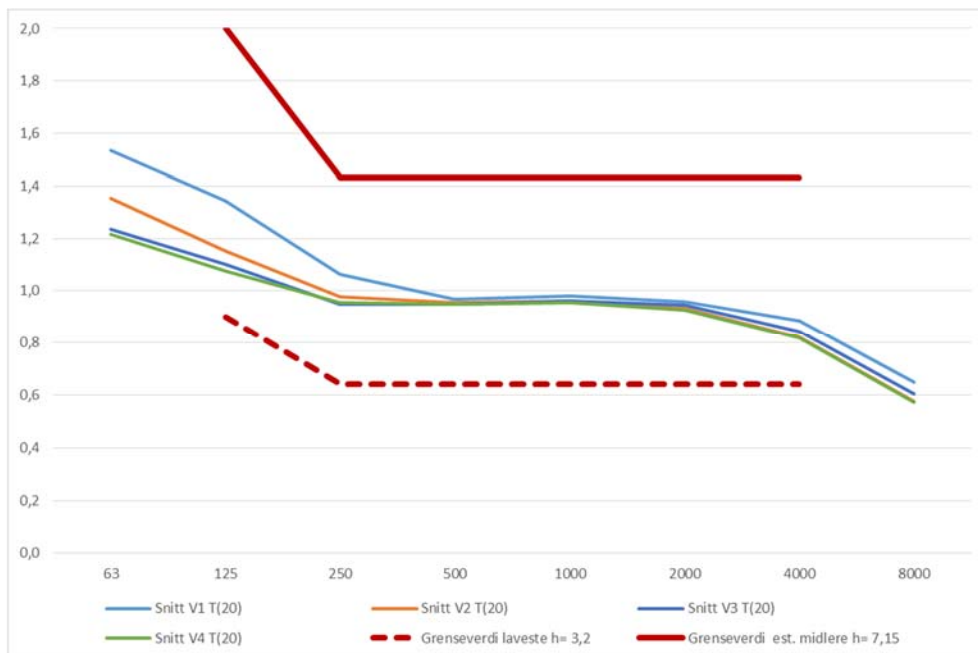
Midlere absorpsjonsfaktor for disse kombinasjonene er vist i Figur 3, mens beregnet etterklangstid er vist i Figur 4. Beregnet etterklangstid er gjennomsnittet av etterklangstid for mottakerpunkter plassert i hele arealer til allmenningen på plan 1, med flere forskjellige kildeplasseringer beregnet separat. Det vil alltid være lokale variasjoner i etterklangstiden på forskjellige steder.

⁴ Tilsvarende en kombinasjon av absorberende og harde flater. Slike flater vil bestå av om lag 44 % klasse A absorberende og resten som harde flater.

⁵ Dette omfatter enkelte store veggflater i lysgårdene og de fleste veggflatene eksponert direkte mot hovedvolumet i allmenningen.



Figur 3: Beregnet midlere absorpsjonsfaktor for alle flater i beregningsmodellen for de forskjellige materialkombinasjonene.



Figur 4: Beregnet midlere etterklangstid for allmenningen for de forskjellige materialkombinasjonene.

7.1.4 Vurderinger

Beregningene viser at alle kombinasjonene gir en midlere etterklangstid på 1,0 s, som ansees som tilfredsstillende, mens midlere absorpsjonsfaktor varierer mer. Sammenlignet med grenseverdien for midlere absorpsjonskoeffisient så er materialkombinasjon i V1 ikke god nok.

Beregningene viser tilsynelatende manglende samsvar mellom midlere absorpsjonsfaktor og midlere etterklangstid. Årsaken til dette ligger i rommets størrelse, sammen med plasseringen av absorbenter. Alle situasjonene er basert på variasjonen av typer absorbenter på vegger,



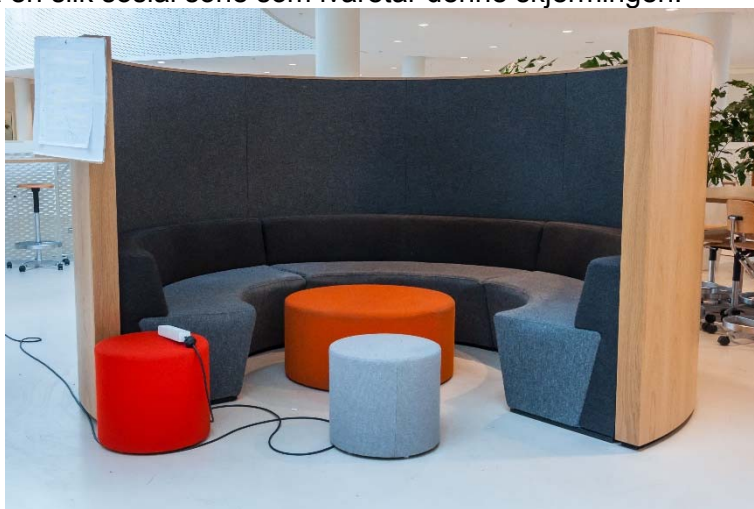
og til dels himlinger. Det gjør at f.eks. når en veggabsorbent endres fra en middels god til en svært god, så gir det utslag på den beregnede midlere absorpsjonsfaktoren, mens etterklangstiden fremdeles blir dominert av alle de andre flatene på grunn av stor avstand til den flaten som er endret.

Skulle det derfor vært aktuelt å redusere ytterligere på etterklangstiden, så må en følgelig få plassert flere absorbenter begynne å plassere absorbenter på flater som er avsatt til f.eks. glass, eller ha frittstående lydabsorberende elementer ute i arealene.

7.1.5 Videre arbeid

I det videre arbeidet må lokale akustiske forhold vurderes i forhold til retningslinjer:

- Faste arbeidsplasser må skjermes fra områder hvor det kan forventes mye støy. Så lenge det ikke er snakk om å bygge inn disse plassene i egne bokser, er den beste løsningen å planlegge lydsabsorberende flåter over arbeidsplassene i vanlig himlingshøyde samt dempe nærliggende vertikale flater som kan gi lydrefleksjoner tilbake til plassen.
- Midlertidige arbeidsplasser som gruppebord, "lesesalsplasser" og lignende må i størst mulig grad skjermes på samme måte som faste arbeidsplasser.
- Lokale, sosiale soner, bør også skjermes av to hensyn; for å skjerme andre mot støy fra en gruppe og for å sikre god taletydighet internt i gruppen. Bildet under er et godt eksempel på en slik sosial sone som ivaretar denne skjermingen.



Figur 5: Eksempel på god skjerming og demping av en sosial sittegruppe.

- Lokale fremføringssoner bør vurderes i forhold til utbredelsen av lyden fra talere. I slike soner kan det være aktuelt å plassere harde flater som reflektorer for å sikre tidlige lydrefleksjoner til et definert tilhørerareal.

I detaljprosjektfasen så vil det være aktuelt å utføre mer detaljerte beregninger på mer avgrensede områder i allmenningen, samtidig som en gjør overordnede beregninger for å verifisere materialvalgene. Da bør også møbleringen detaljeres nærmere og legges inn i modellen.



7.2 Kantine

7.2.1 Informasjon, grenseverdier og grunnlag

Kantinen er et eget rom i den sørvestre enden av Allmenningen, som kun går over en etasje. Sentralt i rommet går det en lysgård opp til taket.

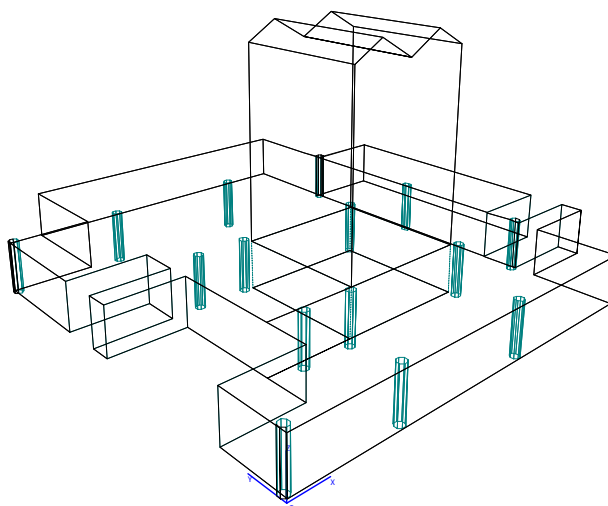
Gjeldende grenseverdier for rommet er

- midlere absorpsjonsfaktor for alle overflater større enn 0,2
- midlere etterklangstid som funksjon av romhøyden, lavere enn $T_h = 0,2$ h.

Basert på rommodellen er midlere romhøyde⁶ estimert til 5 meter. Store deler av rommet har en høyde på 3,2 meter. Dette tilsvarer en øvre grense for midlere etterklangstid på henholdsvis 1,0 s og 0,65 s.

Beregningsmodellen er basert på arkitekts Revit modell datert 22.10.2015. Rommet har ikke endret seg vesentlig etter dette.

7.2.2 Modell og beregningsvarianter



Figur 6: Skjerm bilde av modellen benyttet til beregningene.

Som hovedtrekk skal alle flater som ikke er glassflater eller gulvflater, ha en lydabsorberende evne. Flater rundt serveringsområdet er også antatt å være harde flater. I beregningene er det benyttet to forskjellige materialkombinasjoner, som angitt i tabellen under.

Tabell 3 - Materialtyper benyttet i beregningene for kantine, som andel av totalt overflateareal, for 2 forskjellige materialkombinasjoner. Tall i parentes er andel av gulvareal.

Materialtype	V21	V22	Plassering
40% absorberent ⁷		15,9% (51,7%)	Vegger i lysgårder

⁶ Regnet som rommets volum delt på rommets gulvareal, når rommet er avgrenset ved åpningen til den øvrige del av allmenningen.

⁷ Tilsvarer en kombinasjon av absorberer og harde flater. Slike flater vil bestå av om lag 44 % klasse A absorberer og resten som harde flater.

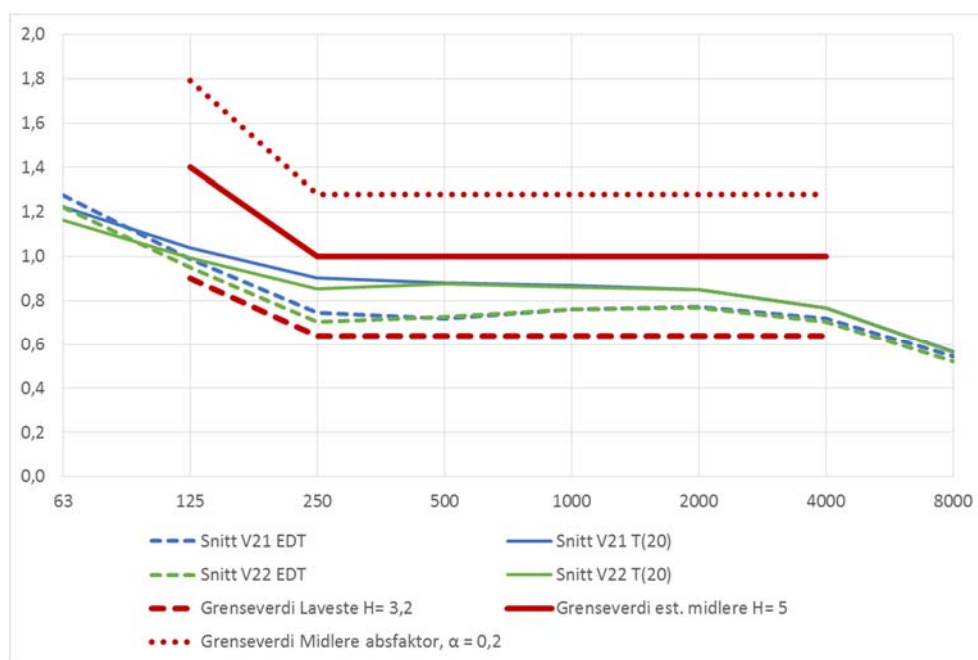


Materialtype	V21	V22	Plassering
Vanlige ikke-absorberende flater (middel)	6,4% (20,9%)		Veggflater i korridorer, serveringsareale o.l.
Klasse C absorpent	5,4% (17,5%)	-	Veggflater
Typisk klasse A veggabsorbent	-	5,4% (17,5%)	Veggflater
Typisk nedforet klasse A systemhimling	28,1% (91,2%)		Himlinger
Gulvmateriale	30,8% (100%)		Gulv
Alminnelig isolerglass	7,7% (25,0%)		Vinduer i fasade
Glatt betong	3,6% (11,6%)		Søyler og enkelte veggflater
Åpning mot Allmenning (regnet som 100% absorberende)	2,1% (6,8%)		-

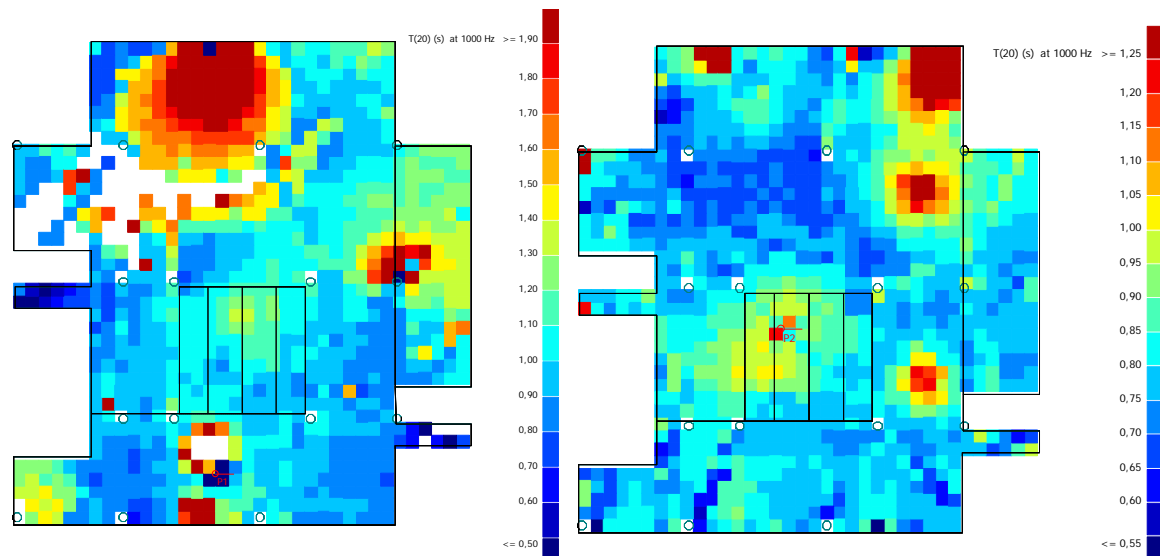
Møblering på gulvflaten er ikke modellert i detalj, men lagt inn som en høy diffusjonsfaktor på gulvflaten. Dette må studeres nærmere i detaljprosjektet, når planene for møblering av kantinen blir mer detaljerte.

7.2.3 Beregningsresultater

Beregnet etterklangstid er vist i Figur 7. Beregnet etterklangstid er gjennomsnittet av etterklangstid for mottakerpunkter plassert i hele arealet til kantina, med flere forskjellige kildeposisjoner beregnet separat. Det vil alltid være lokale variasjoner i etterklangstiden på forskjellige steder.



Figur 7: Beregnet etterklangstid i kantina for de forskjellige materialkombinasjonene.



Figur 8: Eksempel på variasjon i etterklangstiden i kantina. Situasjon til venstre er med kilde ut mot fasaden, mens situasjon til venstre er med kilde under lysgården. Begge situasjonene er med materialoppsett V22.

7.2.4 Vurderinger

Beregningene viser at grenseverdien for etterklangstid basert på midlere romhøyde lik 5 meter tilfredsstilles med en margin, mens grenseverdien for etterklangstid basert på romhøyde 3,2 meter ikke tilfredsstilles. Også grenseverdien for midlere absorpsjonsfaktor er tilfredsstillt med god margin.

Beregningene viser og at størrelsen EDT, som ofte korrelerer bedre med personers opplevelse av etterklangstid, er noe lavere. Dette indikerer at de romakustiske forholdene i kantina blir bedre enn det den beregnede etterklangstiden alene skulle tilsi.

Den vesentligste årsaken til at etterklangstiden ikke blir lavere er det store volumet som lysgården utgjør, og den begrensede muligheten til å ha absorberer i det volumet. Skulle en fått lavere etterklangstid i kantina, ville det vært nødvendig med flere lydabsorberende flater på veggene i lysgården.

Det er forventet at etterklangstiden blir lavere når rommet er møblert opp, spesielt hvis det kan benyttes stoler med postrede seter og flere sittegrupper med mykere møbler, dvs. sofalignende sittegrupper.

7.2.5 Videre arbeid

Det vil være aktuelt å gjøre nye beregninger i senere faser for å verifisere mer endelig materialvalgene. Da bør også møbleringen detaljeres nærmere og legges inn i modellen.

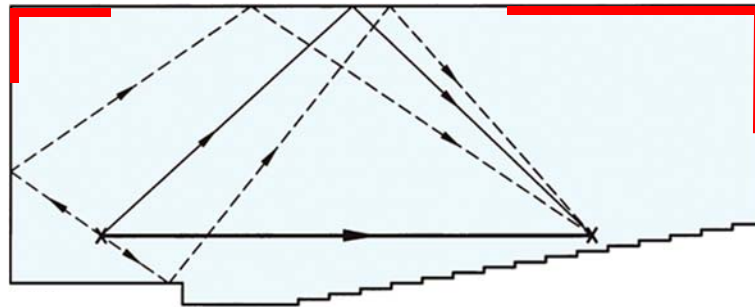


8 AUDITORIER

Grenseverdi for etterklangstid i auditorier er $T_h \leq 0,20 \times h$ der h er gjennomsnittlig romhøyde. Det forutsettes bruk av taleforsterkningsanlegg.

Rett mengde lydabsorbenter og god prosjektering av de tidlige refleksjonene er svært viktig for et auditoriums akustiske kvalitet.

I auditorier bør det være en tilpasset lydreflektor over talerposisjon. Dette for å oppnå god tale tydelighet. Figur 9 viser anbefalt prinsipp for auditoriene i prosjektet, der plassering av lydabsorbenter er vist med rødt.



Figur 9: Direktelyd og gunstige lydrefleksjoner vist geometrisk i snitt. Absorbenter for å hindre uønskede refleksjoner er vist med rødt.

Samtidig som man ønsker å oppnå et tilstrekkelig dempet rom vil et auditorium også kunne oppleves som for dempet. For å tilstrebe en mest mulig optimal etterklangstid må man begrense bruken av lydabsorberende felter til rett nivå, samtidig som man må unngå utstrakt bruk av harde parallelle veggflater som vil kunne medføre en «flutterekko»-effekt. Dette kan unngås enten ved å skråstille sidevegger med ca. 7° i forhold til hverandre, eller ved å montere harde lydsprende flater (lyddiffusorer) på veggene.

8.1 Stort auditorium

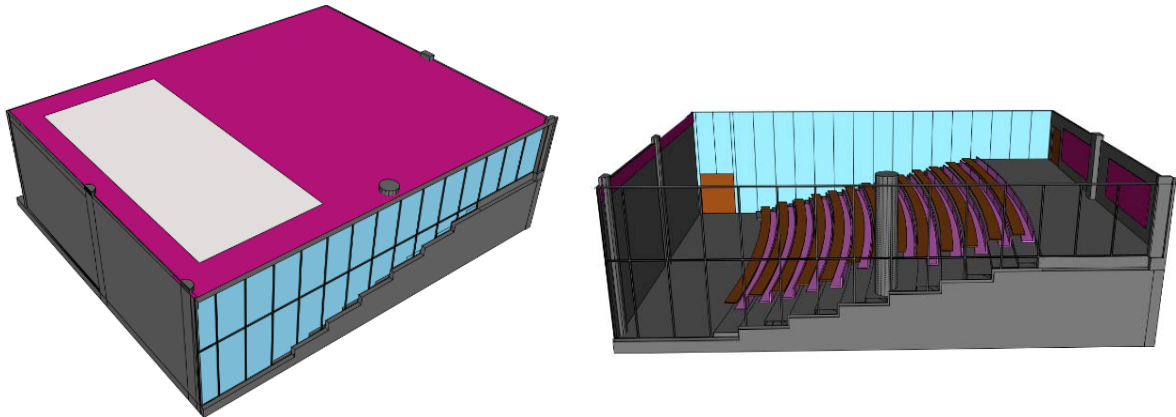
Gjennomsnittlig romhøyde i 01.05.001 Auditorium 300 plasser er ca. 4,6 meter. Dette gir en grenseverdi for etterklangstid $T \leq 0,92$ sek.

Følgende romakustiske løsninger anbefales:

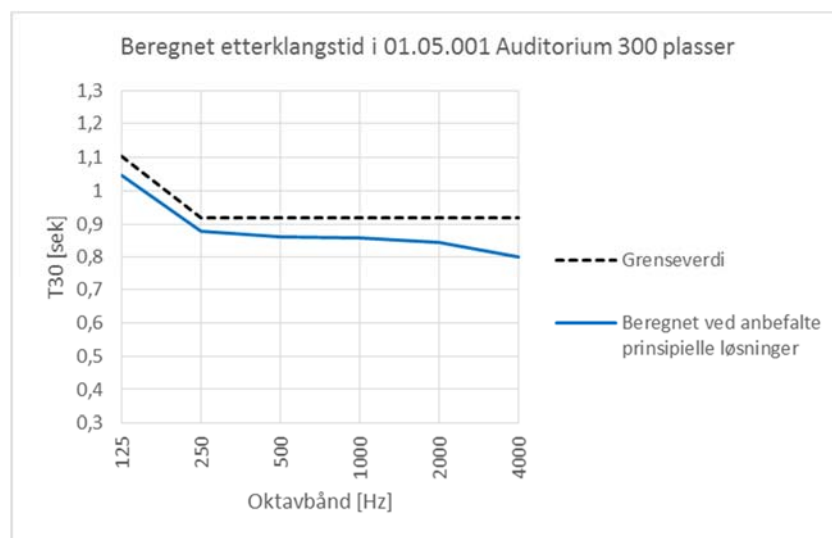
- Klasse A absorbent i himling i ca. 70 % av himlingsarealet.
- Øvrig himlingsareal benyttes som et hardt lydreflekterende felt over taler. Pga. romhøyden ville det vært akustisk gunstig med en skråstilt takreflektor. Dette vil imidlertid kunne komme i konflikt med prosjektorlerret. Valgt flat takreflektor vurderes ikke som kritisk når det benyttes taleforsterkningsanlegg, men utforming av takreflektoren bør detaljprosjekteres.
- Klasse A absorbenter på utvalgte veggfelt. Det er lagt inn ca. 18 m² på bakvegg, samt 10 m² bak taler.
- Moderat polstrede stoler.
- Skråstilte eller lydsprende sidevegger. Dette anses å være noe utfordrende siden sideveggene er planlagt i glass. Smarte løsninger må søkes, f. eks. glassfelt monterte i et sikksakkmønster. Et eksempel på mulig løsning er vist på bilder fra Musiikkitalo i Helsinki i Figur 12. Glassveggen inn mot almenningen vil samtidig ha strengt krav til lydisolasjon, som vil kreve dobbel konstruksjon.



Skissert løsning mht. takreflektor og veggabsorbenter i Figur 10 er utarbeidet for gode refleksjonsforhold ut fra rommets geometri, men er ikke eneste alternativ til utforming. Valgt utforming bør detaljeres i samarbeid med arkitekt.



Figur 10: Anbefalte prinsipielle romakustiske løsninger i 01.05.001 Auditorium 300 plasser. Lydabsorbenter og polstrede stoler er vist med rosa.



Figur 11: Beregnet etterklangstid i 01.05.001 Auditorium 300 plasser.



Figur 12: Eksempler på lydspredende vegger i glass, Musiikkitalo i Helsinki.

8.2 Mellomstort auditorium

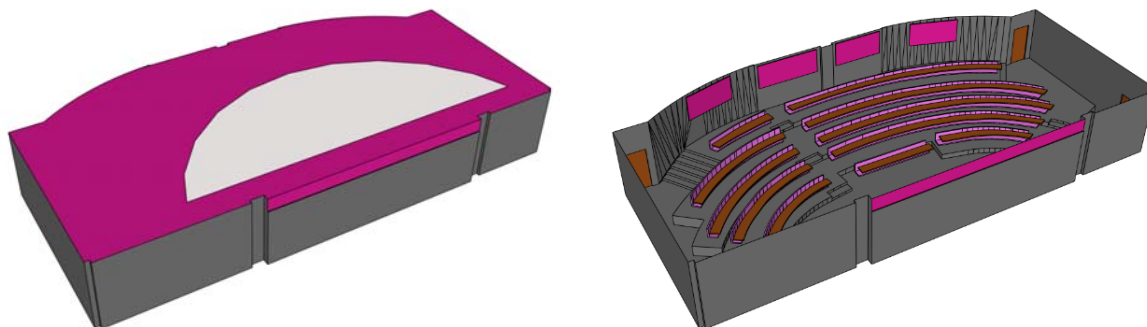
Rommets layout er endret, med orientering på langs av rommet i motsetning til på tvers som er analysert under, så sent i forprosjektfasen at det ikke var tid til nye analyser. Analysen og prinsippene som fremkommer, vurderes likevel som representativt og egnet som referanse. Nye analyser må gjøres i detaljfasen.

Gjennomsnittlig romhøyde i 01.05.002 Auditorium 150 plasser er ca. 3,0 meter. Dette gir en grenseverdi for etterklangstid $T \leq 0,60$ sek.

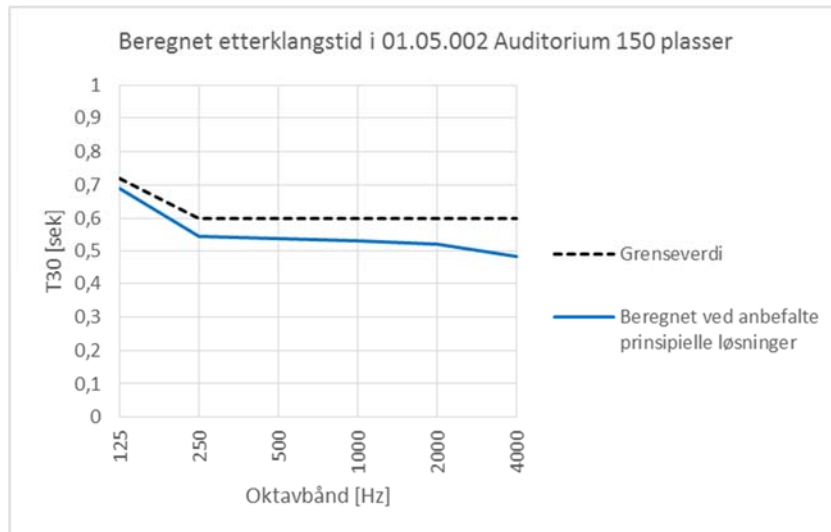
Følgende romakustiske løsninger anbefales:

- Klasse A absorberent i himling i ca. 70 % av himlingsarealet.
- Øvrig himlingsareal benyttes som et hardt lydreflekterende felt over taler. Pga. romhøyden vurderes det ikke som nødvendig med skråstilt takreflektor – denne kan bygges som flat himling.
- Klasse A absorberer på utvalgte veggfelt. Det er lagt inn ca. 12 m² på bakvegg, samt 6 m² bak taler.
- Moderat polstrede stoler.
- Skråstilte eller lydspredende sidevegger.

Skissert løsning mht. takreflektor og veggabsorbenter i Figur 13 er utarbeidet for gode refleksjonsforhold ut fra rommets geometri, men er ikke eneste alternativ til utforming. Valgt utforming bør detaljeres i samarbeid med arkitekt.



Figur 13: Anbefalte prinsipielle romakustiske løsninger i 01.05.002 Auditorium 150 plasser. Lydabsorbenter og polstrede stoler er vist med rosa.



Figur 14: Beregnet etterklangstid i 01.05.002 Auditorium 150 plasser.

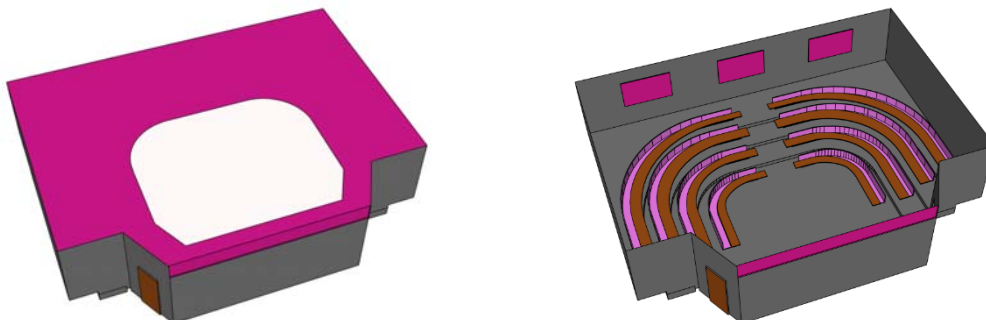
8.3 Små auditorier

Gjennomsnittlig romhøyde i 01.05.005 Auditorium 100 plasser er ca. 3,2 meter. Dette gir en grenseverdi for etterklangstid $T \leq 0,64$ sek. Det er gjort en vurdering for to alternative utforminger av auditoriene.

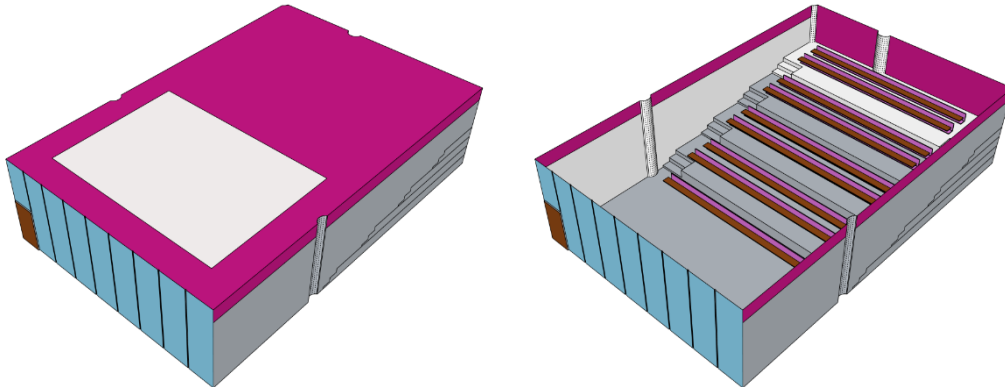
Følgende romakustiske løsninger anbefales:

- Klasse A absorberent i himling i ca. 70 % av himlingsarealet.
- Øvrig himlingsareal benyttes som et hardt lydreflekterende felt over taler.
- Klasse A absorberer på utvalgte veggfelt:
 - For alternativ 1 er det lagt inn ca. 7 m² på bakvegg, samt 4 m² bak taler.
 - For alternativ 2 er det lagt inn ca. 19 m² på bakvegg, samt 19 m² på sidevegger plassert som striper ved tilslutning mot himling.
- Moderat polstrede stoler.
- Skråstilte eller lydspredende sidevegger.

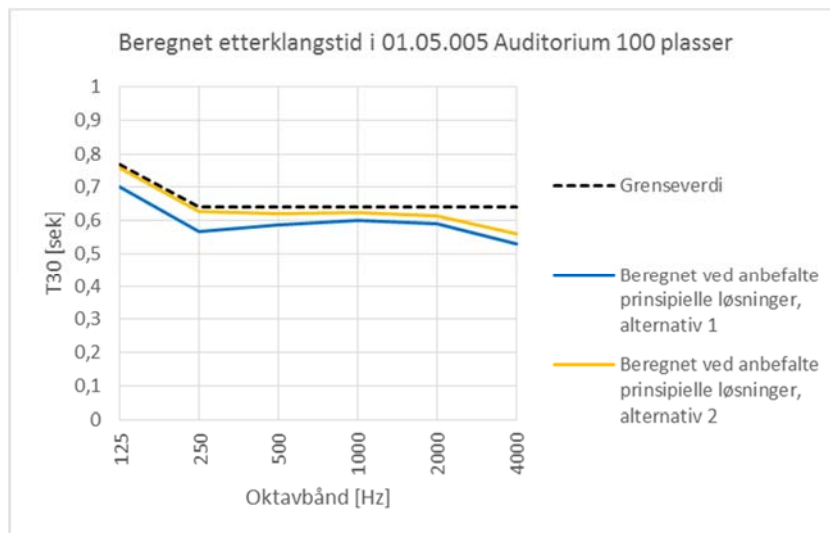
Skisserte løsninger mht. takreflektor og veggabsorbenter i Figur 15 og Figur 16 er utarbeidet for gode refleksjonsforhold ut fra rommets geometri, men er ikke eneste alternativ til utforming. Valgt utforming bør detaljeres i samarbeid med arkitekt.



Figur 15: Anbefalte prinsipielle romakustiske løsninger i 01.05.005 Auditorium 100 plasser (alternativ 1). Lydabsorbenter og polstrede stoler er vist med rosa.



Figur 16: Anbefalte prinsipielle romakustiske løsninger i 01.05.005 Auditorium 100 plasser (alternativ 2). Lydabsorbenter og polstrede stoler er vist med rosa.



Figur 17: Beregnet etterklangstid i 01.05.005 Auditorium 100 plasser.



9 KONTORLANDSKAP

9.1 Et fungerende kontorlandskap

Hvor godt et åpent kontorlandskap fungerer vil alltid avhenge av type arbeidsvirksomhet og type personer som sitter i landskapet. Enkelte personer vil aldri trives med å sitte i et åpent landskap, mens andre foretrekker dette framfor et eget cellekontor.

Fordelene med kontorlandskap er at det gir effektivitet i teamarbeid og god informasjonsflyt, og hvis forholdene er gode kan det gi positiv "firmafølelse" og følelse av inkludering. Hvis man velger kontorlandskap med dette utgangspunktet har man gode muligheter for å lykkes hvis alle de angitte anbefalingene følges.

9.2 Krav og målsetninger

Gjennomsnittlig romhøyde i kontorlandskap i 3. etasje er ca. 3,7 meter. Dette gir en grenseverdi for etterklangstid $T \leq 0,59$ sek.

For kontorlandskap og lesesaler henviser BP til byggdetaljblad (NB11) og standard for måling av romakustikk i kontorlandskap (NS 3382). Førstnevnte anbefaler ingen grenseverdier strengere enn de som følger av NS 8175. Sistnevnte beskriver ingen grenseverdier, men angir i tillegg A (informativt) målverdier som eksempel på et godt kontorlandskap. Prosjektet vil ha som ambisjon å oppfylle disse målverdiene, men siden disse også er avhengig av møbleringen i landskapene, så settes de ikke som absolutte grenseverdier.

BP angir i tillegg følgende krav:

- [BPkrav 1] *Alle rom der flere enn en person er forventet å arbeide/oppholde seg samtidig skal ha lydabsorberende himling med midlere absorpsjonskoeffisient større enn 0,65 (middel for 100-3150 Hz).*
- [BPkrav 2] *Bakgrunnsstøyen i kontorlandskap skal detaljprosjekteres som kompromiss mellom ønsket om stillhet og ønsket om maskering av uønskede lyder.*
- [BPkrav 3] *Lesesaler skal betraktes som kontorlandskap og prosjekteres deretter.*
- [BPkrav 4] *Rom for tale må etterklingsberegnes... Nakne, parallelle flater og krumme flater som kan gi fokusering skal unngåes.*

9.3 Romakustiske løsninger

Under beskrives våre anbefalte prinsipielle romakustiske løsninger i kontorlandskapet:

Vi anbefaler generelt å benytte tepper som gulvbelegg i kontorlandskap, siden dette vil dempe trommelyd fra gangtrafikk. Tepper har også noe lydabsorberende egenskaper, som er med på å bidra til et godt arbeidsmiljø.

Kontorlandskap må ha en heldekkende lydabsorberende himling (klasse A absorbent). En lydabsorberende himling gir imidlertid ikke alene tilstrekkelig kort etterklangstid i kontorlandskap. Ytterligere løsninger må gjøres ved valg av interiør.

Det forventes at krav til etterklangstid vil være ivaretatt ved en heldekkende systemhimling, møbleringsplan slik det foreligger per dags dato, og bruk av veggabsorbenter som tilsvarer ca. 20 % av himlingsarealet. Absorbentarealet må fordeles mer eller mindre jevnt utover i kontorlandskapet. Følgende løsninger vil kunne iberegnes absorbentarealet:



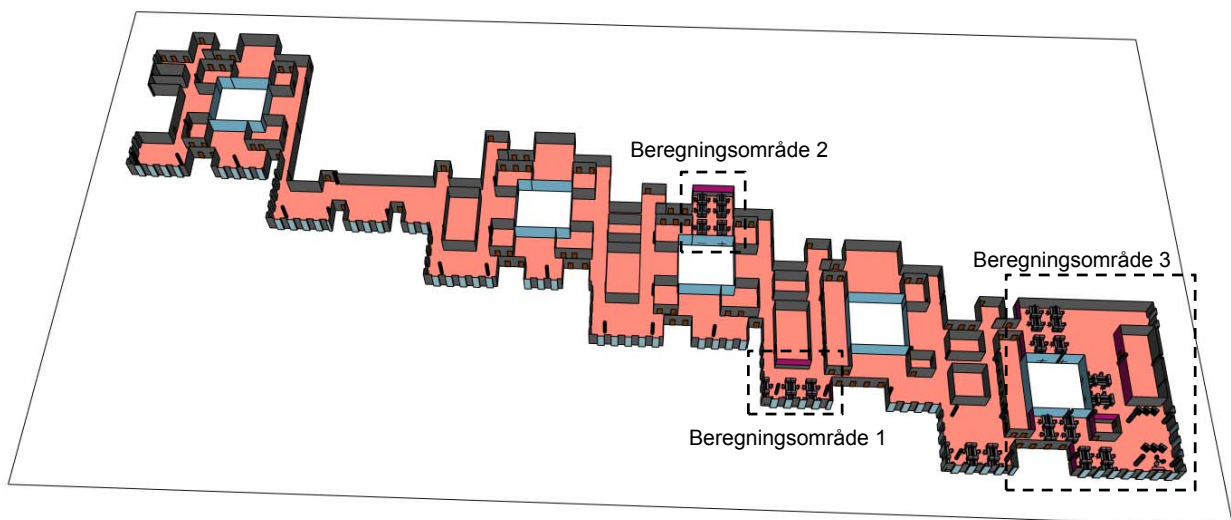
- Veggabsorbenter på tette vegger, f. eks. 40 mm tykke mineralullabsorbenter som ved ønske kan kles med et perforert plate eller trespilepanel. Åpningsgraden på kledning foran absorbent må være ca. 40-50 %.
- Lydabsorberende skjermer på kant av skrivebord og lydabsorberende baksider på skap.
- Evt. lydabsorberende lamellgardiner eller kraftige gardiner i fasade. Disse løsningene vil ikke være en klasse A-absorbent, så man må legge inn et større areal for å oppnå samme effekt.
- Polstrede møbler utover skrivebordstoler.

Utforming av kontorlandskapene for best mulig akustiske forhold vil nødvendigvis også inkludere IARK, siden møbleringen er en vesentlig faktor.

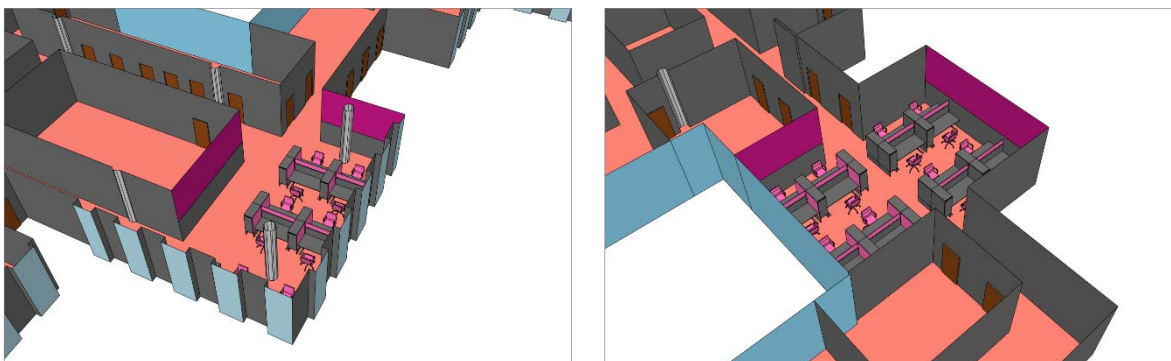
9.4 Romakustiske beregninger

9.4.1 Beregningsmodeller

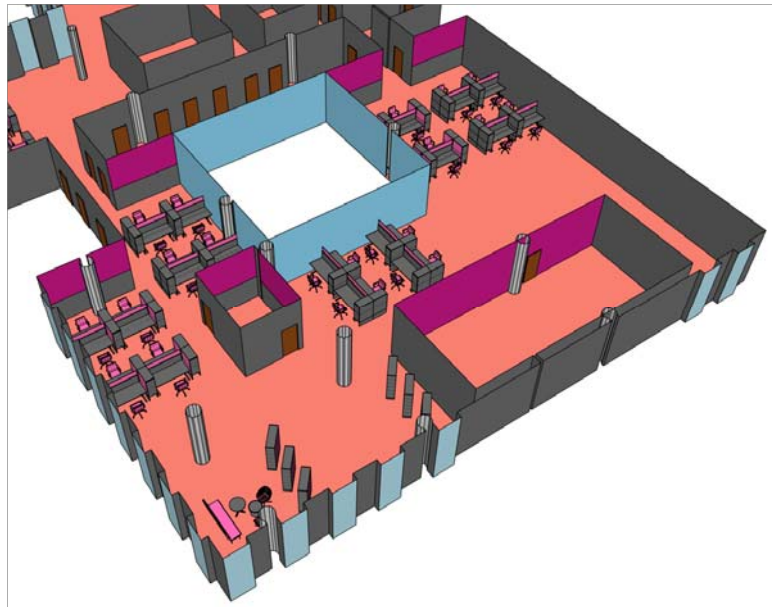
Etterklangstiden i kontorlandskapet i 3. etasje er beregnet ved hjelp av beregningsverktøyet Odeon. Det er utført beregninger for tre ulike åpne soner i landskapet – disse er vist i Figur 18 – Figur 20.



Figur 18: Oversikt over hele kontorlandskapet i 3. etasje.



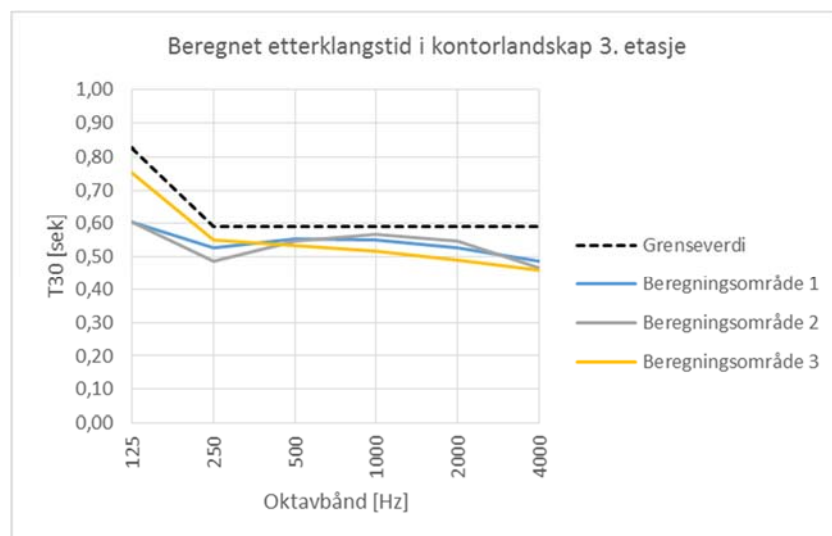
Figur 19: Beregningsområde 1 (t.v.) og beregningsområde 2 (t.h.). Lydabsorberende overflater er vist med lilla/rosa. Plasseringen er prinsippmessig ift. nødvendig areal og må behandles i detaljprosjektet.



Figur 20: Beregningsområde 3. Lydabsorberende overflater er vist med lilla/rosa. Plasseringen er prinsippmessig ift. nødvendig areal og må behandles i detaljprosjektet.

9.4.2 Resultater, etterklangstid

Beregnet etterklangstid for de tre sonene er vist i Figur 21. Slik det kommer fram forvententes grenseverdi til etterklangstid iht. NS 8175 klasse C å være ivaretatt ved våre beskrevne prinsipielle løsninger.



Figur 21: Beregnet etterklangstid i kontorlandskap 3. etasje.

9.4.3 Romakustiske parametre i NS-EN ISO 3382-3

Tabellen under gir en vurdering av kontorlandskapet opp mot målverdier i NS 3382 (som eksempel på et godt kontorlandskap). De anbefalte måleverdiene forventes ikke å bli ivaretatt. Sitteplasser innen samme åpne arbeidssone vil ligge med en avstand kortere enn



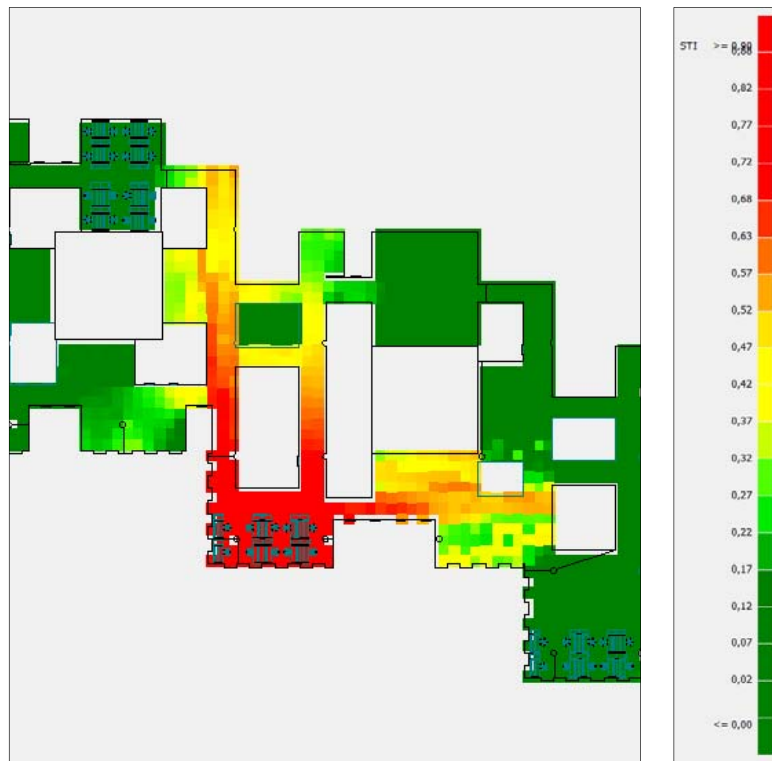
distraksjonsavstanden. Det vurderes som urealistisk å unngå dette – selv ved ytteligere romakustiske tiltak.

Kontorlandskap	Målvordier	Beregnet for kontorlandskapet i beregningsverktøyet Odeon
Avstandsdemping av tale	$D_{2,S} \geq 7$ dB	$D_{2,S} \approx 4$ dB
A-veid lydtrykknivå av tale i en avstand på 4 m fra lydkilden	$L_{p,A,S,4\text{ m}} \leq 48$ dB	$L_{p,A,S,4\text{ m}} \approx 50$ dB
Distraksjonsavstand	$r_D \leq 5$ m	$r_D \approx 15$ m Se Figur 22 og Figur 23. Gul farge markerer omtrentlig skille for distraksjonsavstand. Sitteplasser innen samme åpne arbeidssone vil ligge med en avstand kortere enn distraksjonsavstanden. Det vurderes som urealistisk å unngå dette – selv ved ytteligere romakustiske tiltak.

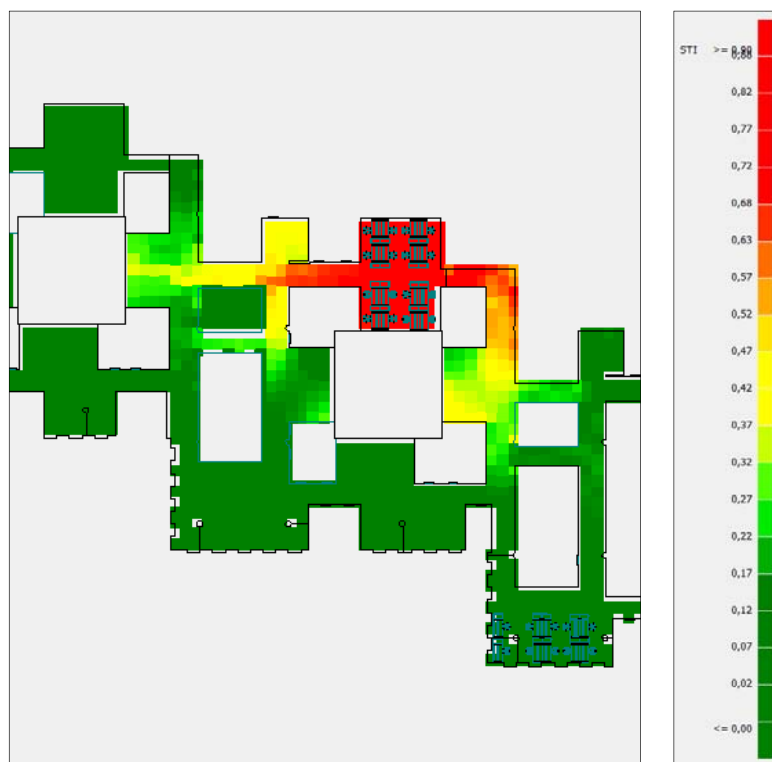
Ved ønske om å i større grad etterstrebe målverdiene i NS 3382 kan følgende løsninger vurderes videre:

- Ved å bryte siktlinjer mellom alle sitteplasser, ved innføring av lydabsorberende støyskjermer i kontorlandskapet, vil man forbedre avstandsdemping av tale ($D_{2,S}$) og lydnivå av tale i en avstand 4 meter fra lydkilden ($L_{p,A,S,4\text{ m}}$).
- Økt bruk av veggabsorbenter vil kunne forbedre avstandsdemping av tale ($D_{2,S}$) og lydnivå av tale i en avstand 4 meter fra lydkilden ($L_{p,A,S,4\text{ m}}$).
- Bakgrunnsstøynivået (fra bl. a. tekniske installasjoner) vil påvirke taletydigheten STI. Desto høyere bakgrunnsstøynivået er, desto mindre av talesignalet kan man høre. Ved å bevist øke bakgrunnsstøynivået vil man maskere mer av informasjonssignalet og dermed oppnå en kortere distraksjonsavstand (r_D). Ved å prosjektere et høyere støynivå fra tekniske installasjoner enn forutsatt i beregningene vil man gå på akkord med krav til støy fra tekniske installasjoner iht. NS 8175 klasse C.

Hvorvidt det ønskes å i større grad etterstrebe målverdiene i NS 3382 må vurderes videre i detaljprosjekteringen. Statsbygg og eventuelt bruker må ta stilling til om dette er en prioritert kvalitet ved prosjektet. Det har tidligere ikke vært normal prosjektering å hensynta disse målverdiene, men de har fått et økt fokus i enkelte nyere byggprosjekter.



Figur 22: Beregnet STI ved kildeposisjon i beregningsområde 1.



Figur 23: Beregnet STI ved kildeposisjon i beregningsområde 2.