



NTNU  
Institutt for elektronikk og telekommunikasjon  
Akustikk

Faglig kontakt under eksamen:

Jan Tro, 95267777

Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, Gløshaugen.

**EKSAMEN I TT3010: AUDIOTEKNOLOGI OG ROMAKUSTIKK,  
7,5 studiepoeng, tirsdag 4. desember, 2012.  
Eksamenstid: 09:00-13:00  
(Sensur: Tirsdag 3. januar, 2013)**

Tillatte hjelpemidler: C - Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i samsvar med liste utarbeidet av NTNU.

**Husk å redegjøre for antakelser som du gjør for å løse oppgavene!**

Opgavenes betydning for vurderingen er oppgitt som prosentandel.

Lykke til!

**OPPGAVE 1 (40%, romakustikk):**

A. (15%) Anta at vi lytter til en høyttaler i et rom.

- a. Hvordan avhenger styrken på direktelyden og etterklanglyden av avstanden mellom lytter og høyttaler?

**Direktelyden i et rom avtar mens etterklangen er konstant.**

- b. Hvordan påvirkes forholdet mellom direktelyd og etterklanglyd av direktivitetsfaktoren til høyttaleren?

**Økende DF gir sterkere direktelyd i forhold til etterklang i loberetning/akse.**

- c. Hva er romradien? Hvordan kan den måles?

**Avstand fra lydkilden hvor lydtryknivå fra direktelyd og romklang er like.**

**Mål SPL i stadig stadig økende avstand fra kilden helt til nivået ikke minker.**

B. (25%) Anta en skoeformet konsertsal med målene  $B = 10.0$  m,  $H = 5.1$  m,  $L = 16.0$  m. Rommet er av malt betong med tregulv og uten vindu. 90 % av takflaten har himling, en halvpart med gipsplater og en halvpart med akustikkplater.

- a. Regn ut rommets etterklang  $RT$  ved 250 Hz og 1000 Hz uten stoler.

$$RT_{250} = 1,24 \text{ s} \quad RT_{1000} = 1,24 \text{ s}$$

- b. Vi monterer polstrede stoler i salen. Stolene dekker 70 % av gulvarealet. Finn forskjell i etterklangstid ved halv- og fullsatt sal.

**Halv sal<sub>250</sub>: 0.87 s, full sal<sub>250</sub>: 0.77 s, forskjell 0.10 s**

**Halv sal<sub>1000</sub>: 0.85 s, full sal<sub>1000</sub>: 0.71 s, forskjell 0.14 s**

- c. Hvorfor er skoeformede konsertsaler bedre egnet enn vifteformede saler for fremføring av akustisk (ikkeforsterket) musikk?

**Gir følelsen av større kildebredde pga bredere side-refleksjoner.**

**Mindre sjanse for fokuseringseffekter. Mer jevnt fordelte rommoder.**

Oppgitte formler:

-  $RT = 0.161 \cdot V/A$

$V$  = romvolum,  $A$  = absorpsjon.

Absorpsjon  $A = \sum_i S_i \cdot \alpha_i$ , hvor  $S_i$  er arealet for en del av veggoverflaten, og  $\alpha_i$  er

absorpsjonsfaktoren for den samme del av veggoverflaten.

- Lydtryknivået  $L_p$  i et rom er gitt av

$$L_p = L_w + 10 \log \left( \frac{DF}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

hvor  $L_w$  er lydkildens lydeffektnivå,  $DF$  = lydkildens direktivitetsfaktor,  $r$  = avstanden fra lydkilden,  $A$  = absorpsjonen

Oppgitte absorpsjonsfaktorer:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Malt betong	0.1	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Tregulv	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07
Gipsplater	0.14	0.1	0.06	0.05	0.04	0.03
Akustikkplater i himling	0.76	0.93	0.83	0.99	0.99	0.94
Tomme stoler, polstret	0.10	0.10	0.22	0.25	0.65	0.85
Stoler med person i	0.23	0.40	0.66	0.77	0.80	0.87

Side 3 av 4

**OPPGAVE 2 (30%, audioteknologi)**

A. Hva er fordelene med å benytte en senterhøytaler i et PA-anlegg, og hvordan kan vi bruke tidsforsinkelse for å forsterke effekten av senterhøytaleren?

**Gir sterkere lokalisering mot kilde-(scene-)området.**

**Pga Haas-effekten vil tilstrekkelig forsinkelse i et fortsatt gi lokalisering mot den akustiske kilden, men med økt totalnivå.**

B. Hvilket frekvensområde vil være viktigst for retningsoppfattelsen dersom hørselen mottar motstridende retningsinformasjon for høye (over 1000 Hz) og lave (under 1000 Hz) frekvenser?

**Over 1000 Hz.**

C. Tegn en skisse som viser frekvensresponsen for et høytalerelement montert i en altfor liten kasse.

- Marker på skissen omtrent hvor resonansfrekvensen  $f_0$  er.  
**Den første toppen.**
- Hva påvirker hvor resonansfrekvensen  $f_0$  havner? Er det høytalerelementets egenskaper (i så fall, hvilke?) eller er det høytalerkassens egenskaper (i så fall, hvilke?).  
**Både og. Alle størrelser og materialeegenskaper.**
- Hvorfor er responsen ikke flat ved høyere frekvenser?  
**Interferens. Oppbryting av membran.**

Oppgitte formler:

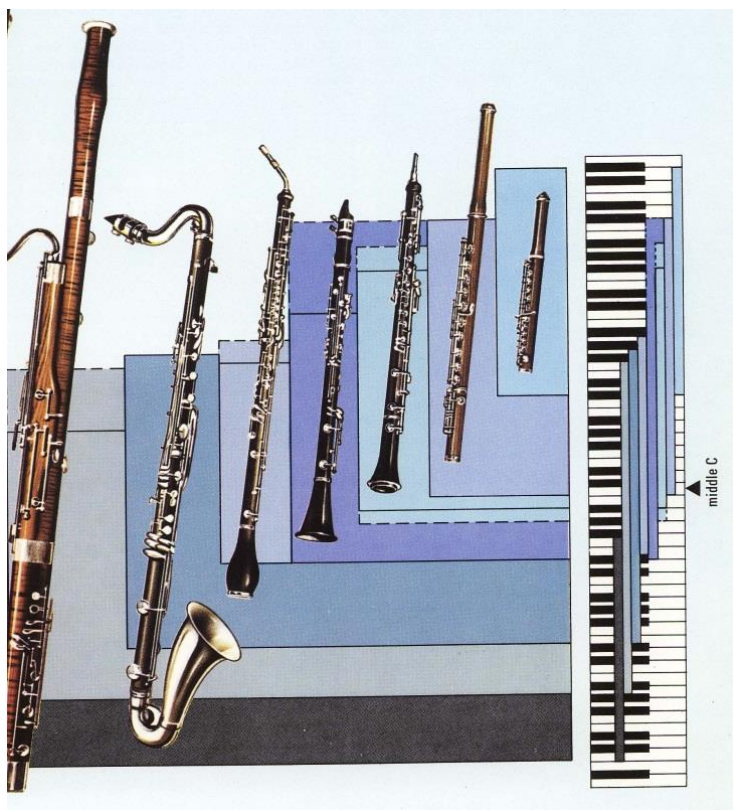
Frekvensresponsen for en høytaler ved resonansfrekvensen  $f_0$ , med Q-verdi Q, er:

$$L_p = 10 \log \left( \frac{(f/f_0)^2}{\left[1 - (f/f_0)^2\right]^2 + \frac{(f/f_0)^2}{Q^2}} \right)$$

Resonansfrekvensen  $f_0$  gis av

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{M \cdot C}}$$

**OPPGAVE 3.** (30%, instrumentakustikk)



- A. Skriv navn på alle 7 instrumentene i vedlagte tegning. Beskriv i detalj oppbyggingen av ett av instrumentene.

**Fagott, bassklarinett, engelsk horn, klarinett, obo, tverrfløyte, piccolo.**

- B. Diskutér eksitasjonsmåter for instrumentene og forklar mulig påvirkning på tone-envelopen og klangfargen.

**Kanteksitasjon (fløyter), enkelt rørblad (klarinett, bassklarinett), dobbelt rørblad (fagott, engelsk horn, obo).**

- C. Mikrofonplassering ved lydopptak av akustiske musikkinstrumenter er avhengig av instrumentets karakteristiske lydavstråling. Skissér og forklar viktige trekk ved avstråling fra det største og det minste instrumentet.

**Avstråling fra fagott er vesentlig ut på toppen (enden av rørert) og ut av første og andre åpne fingerhull.**

**Avstråling fra piccolo er vesentlig ut av blåsehullet, ved rørenden (høyere frekvenser) og ut av første og andre åpne fingerhull.**

## Eksamen TT3010 HØST 2012

---

D. Når vi snakker om inharmonisitet i en streng, bruker vi formelen

$$f_n = nf_1 [1 + (n^2 - 1) A],$$

hvor  $A$  er definert som

$$A = \frac{\pi^3 r^4 E}{8TL^2}$$

Forklar hva bokstavene  $f$ ,  $n$ , og  $E$  står for.

**Frekvens, indeks for deltonenummer, elastisitetsmodul (beskriver materialegenskaper)**