

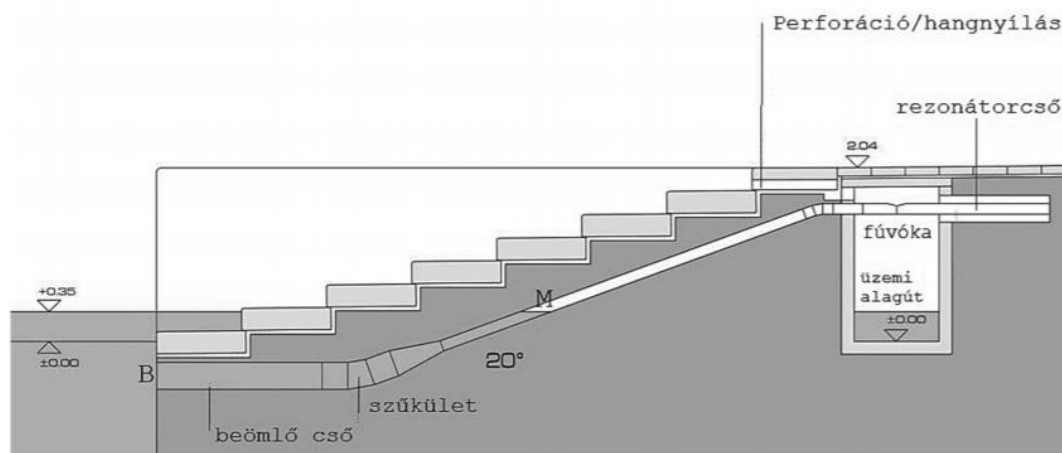
Tengeri orgona

Horvátországban, Zára (Zadar) városában 2005-ben készült el a tengeri orgona. A tengerpartra lefutó lépcsősor alá 35 sípot telepítettek. A sípokat a tenger hullámai a következő módon szólaltatják meg: A második ábrán látható módon egy cső a víz alá nyúlik (apálykor is), így az aljában víz, fölötte levegő van. Ha hullámoz a tenger, ahogy a hullámok a part felé futnak, a víz a csőben előrenyomul, maga előtt tolja a levegőt. A cső végét úgy képezték ki, hogy a belőle kiáramló levegő egy földalatti sípot fújjon meg. A mindkét végén nyitott sípok hangja a kis nyílásokon át jut a szabadba. Frekvenciájuk 65 Hz és 250 Hz között változik. Az egymás melletti sípokat különböző hangmagasságra hangolták, gondosan ügyelve arra, hogy a hangzás a fülnek kellemes legyen. Hét ötös csoportban helyezték el a sípokat, minden csoportba úgy válogatva össze őket, hogy legyen a szomszédos sípok esetében közös felharmonikus.

Ismertesse, milyen állóhullámok alakulhatnak ki egy mindkét végén nyitott sípban! Mit értünk alaphangon és felharmonikuson? Mutasson be olyan példát, amikor két sípnak van közös felhangja! Hogyan aránylanak a példában a síphosszak egymáshoz? Hogyan változik az ábrán jelzett M pontnál a vízfelszín magassága az árapály változásaival? Mi ennek az oka? A M és B pontok keresztmetszet-területének aránya 1:20. Hogyan befolyásolja a szűkület a csőben felkúszó víz sebességét? Milyen fizikai magyarázat adható a jelenségre? Hogyan lesz a kiáramló levegő sebessége elegendően nagy a síp megszólaltatásához? Milyen hosszú a rezonátorcső, ha az alaphangjának frekvenciája 250 Hz? (A hang terjedési sebességét a levegőben vegyük 330 m/s-nak!)



A kép forrása: <https://i.ytimg.com/vi/yreBH5jANL4/maxresdefault.jpg>



Forrás: https://math.dartmouth.edu/archive/m5s07/public_html

(2018. május)

Megoldás: (18 pont)

a) A nyitott sípban keletkező hanghullámok elemzése:

4 pont

A síp két vége duzzadóhelye (1 pont) a létrejövő állóhullámnak, ezért

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ vagy } \lambda = \frac{2L}{n} \text{ (1 pont).}$$

Képlet helyett megfelelő ábra is elfogadható, amennyiben nem csak az alaphang, hanem legalább egy felharmonikus is jelezve van az ábrán.

Alaphang: amikor a hullámhossz maximális (vagy a frekvencia minimális, $n = 1$). (1 pont)

Felharmonikus: $\lambda < \lambda_{\max}$ (vagy $f > f_{\min}$, $n > 1$) (1 pont).

b) Egy példa bemutatása, amelyben két sípnak közös felharmonikusa van:

3 pont

Példa: a közös hullámhossz λ_k az első sípnak első ($n = 2$), a másodiknak

a második ($n = 3$) felharmonikusa: $\lambda_k = \frac{2L_1}{2} = \frac{2L_2}{3}$ (2 pont), tehát $\frac{L_1}{L_2} = \frac{2}{3}$ (1 pont).

c) Az M pontban mérhető vízszintváltozás meghatározása és indoklása:

2 pont

A vízszint az M pontban dagálykor megemelkedik (1 pont), mivel egy közlekedőedényben a vízszint mindenhol azonos (1 pont).

d) A csőben mozgó víz sebességváltozásának meghatározása és indoklása:

3 pont

A csőben a felfelé áramló víz sebessége megnő (1 pont), mivel adott idő alatt ugyanannyi víz kisebb keresztmetszeten csak nagyobb sebességgel tud átáramlani a folytonossági törvénynek megfelelően (2 pont).

e) A kiáramló levegő sebességének indoklása:

2 pont

A csőben gyorsan mozgó víz nagy sebességgel tolja maga előtt a levegőt.

f) A megadott frekvenciához tartozó rezonátorcső hosszának meghatározása:

4 pont

Mivel $c = 2L \cdot f$ (2 pont), amiből $L = \frac{c}{2f} = 0,66 \text{ m}$ (rendezés + számítás, 1 + 1 pont).

Összesen

18 pont