

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

# VJEŽBE 3

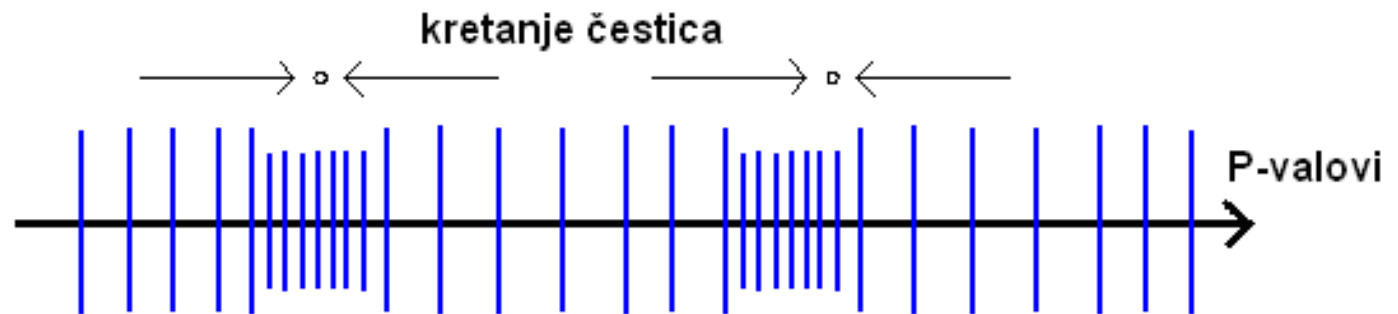
## - SEIZMIČKI ISTRAŽNI RADOVI

Split, 11. travnja 2012.

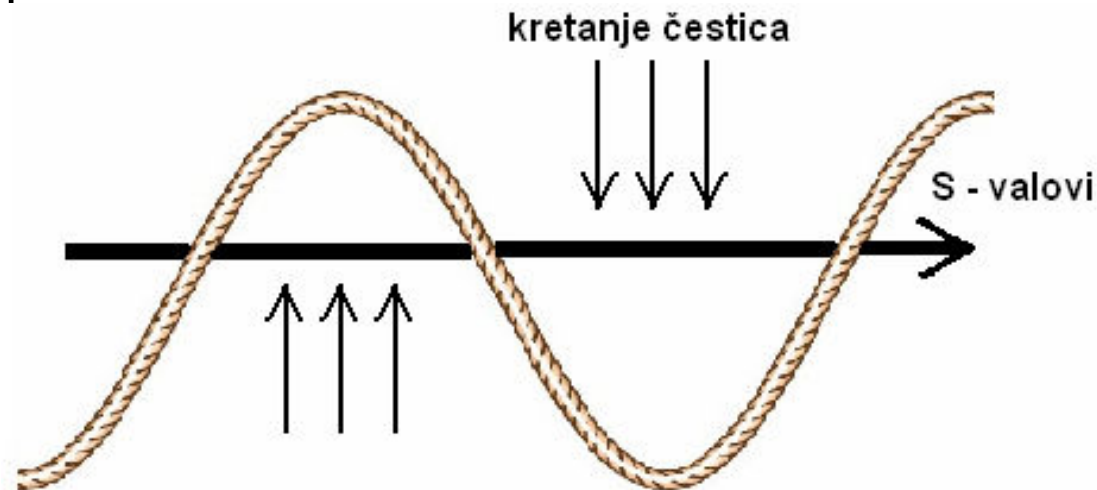


# SEIZMIČKA ISTRAŽIVANJA

- **P valovi** koji se još nazivaju longitudinalni, valovi kompresije ili primarni valovi. Pokretanje čestica je u smjeru širenja i ovisi o sukcesivnoj kompresiji ili dilataciji.



- **S valovi** nazivaju se također poprečni, torzioni ili sekundarni valovi. Oni se registriiraju nakon dolaska primarnih valova. Kretanje čestica je okomito smjeru širenja primarnih valova.



$$V_P = \sqrt{\frac{K + 4/3 \cdot G}{\rho}}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$



**Vrijedi za čistu stijenu, bez pora!**

## 1.ZADATAK:

Izračunati brzinu primarnog i sekundarnog vala?

$V_p = ?$

$V_s = ?$

$K = 31.5 \text{ GPa} = 31.5 \cdot 10^9 \text{ Pa}$

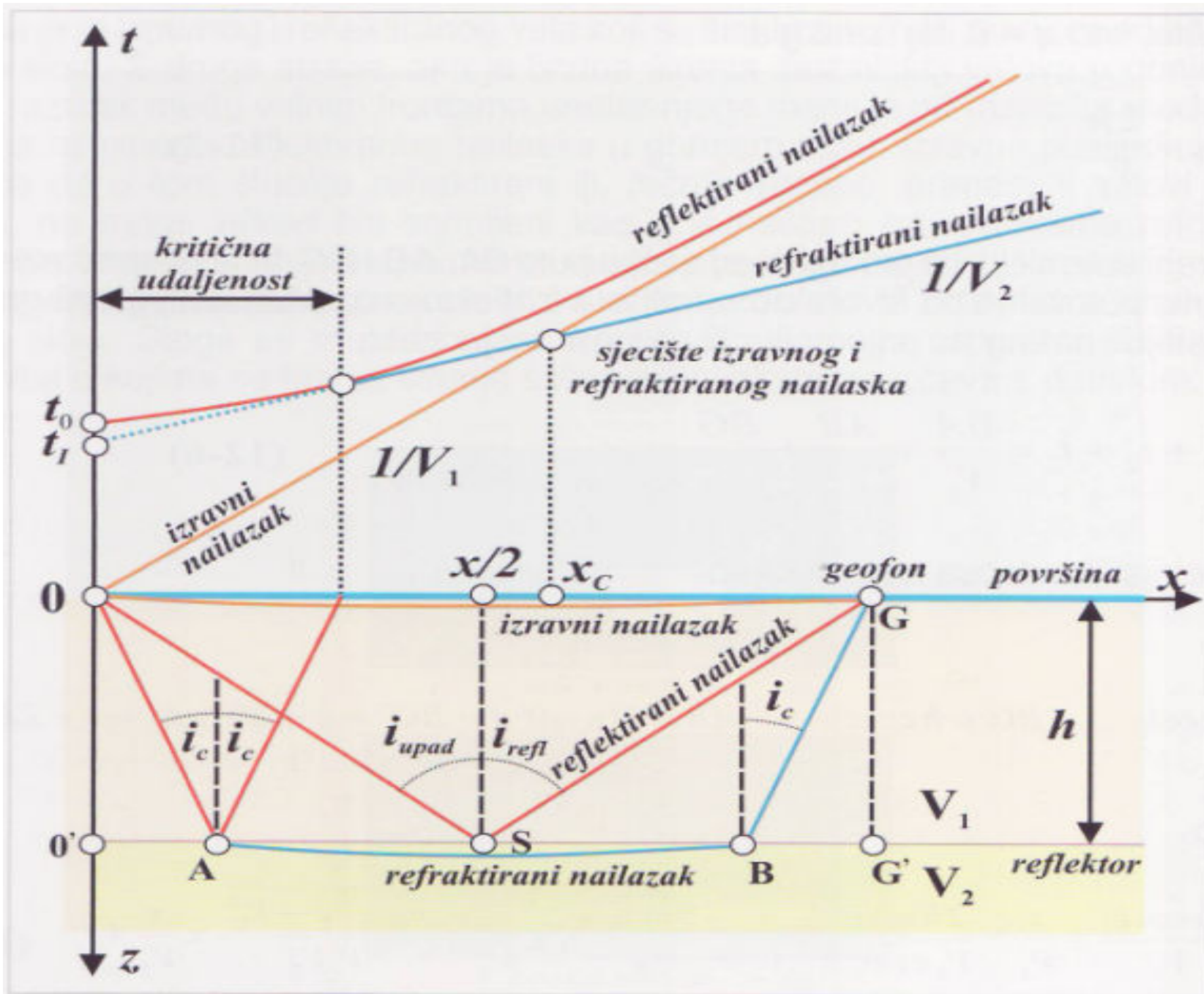
$G = 37.6 \text{ GPa}$

$\rho = 2.41 \text{ (g/cm}^3\text{)}$

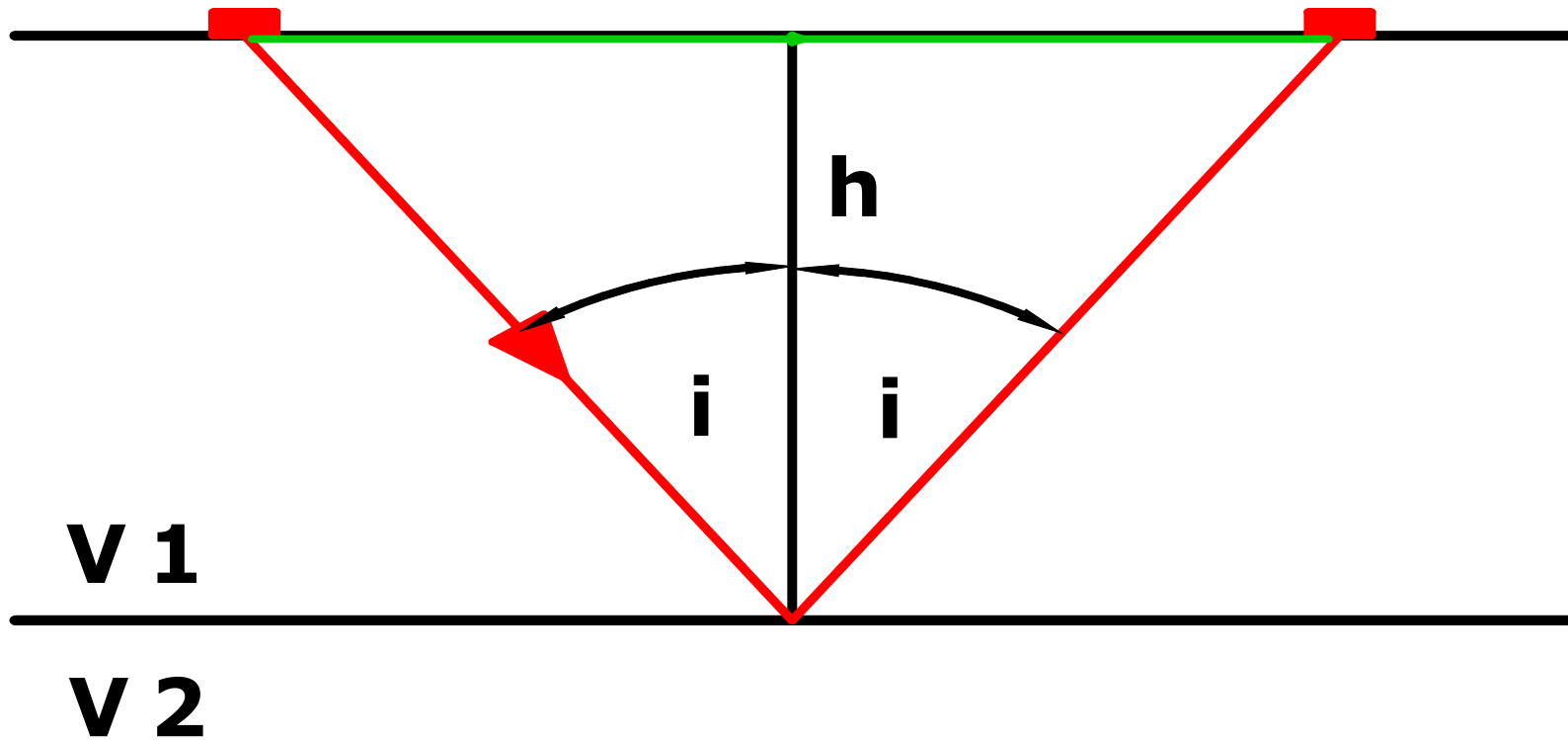
$$V_P = \sqrt{\frac{K + 4/3 \cdot G}{\rho}} = \sqrt{\frac{31.5 \cdot 10^9 \text{ Pa} + 4/3 \cdot (37.6 \cdot 10^9 \text{ Pa})}{2410 \text{ kg / m}^3}} = 5820 \text{ m / s}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{37.6 \cdot 10^9 \text{ Pa}}{2410 \text{ kg / m}^3}} = 3950 \text{ m / s}$$

# REFLEKSIJA I REFRAKCIJA



# REFLEKSIJA

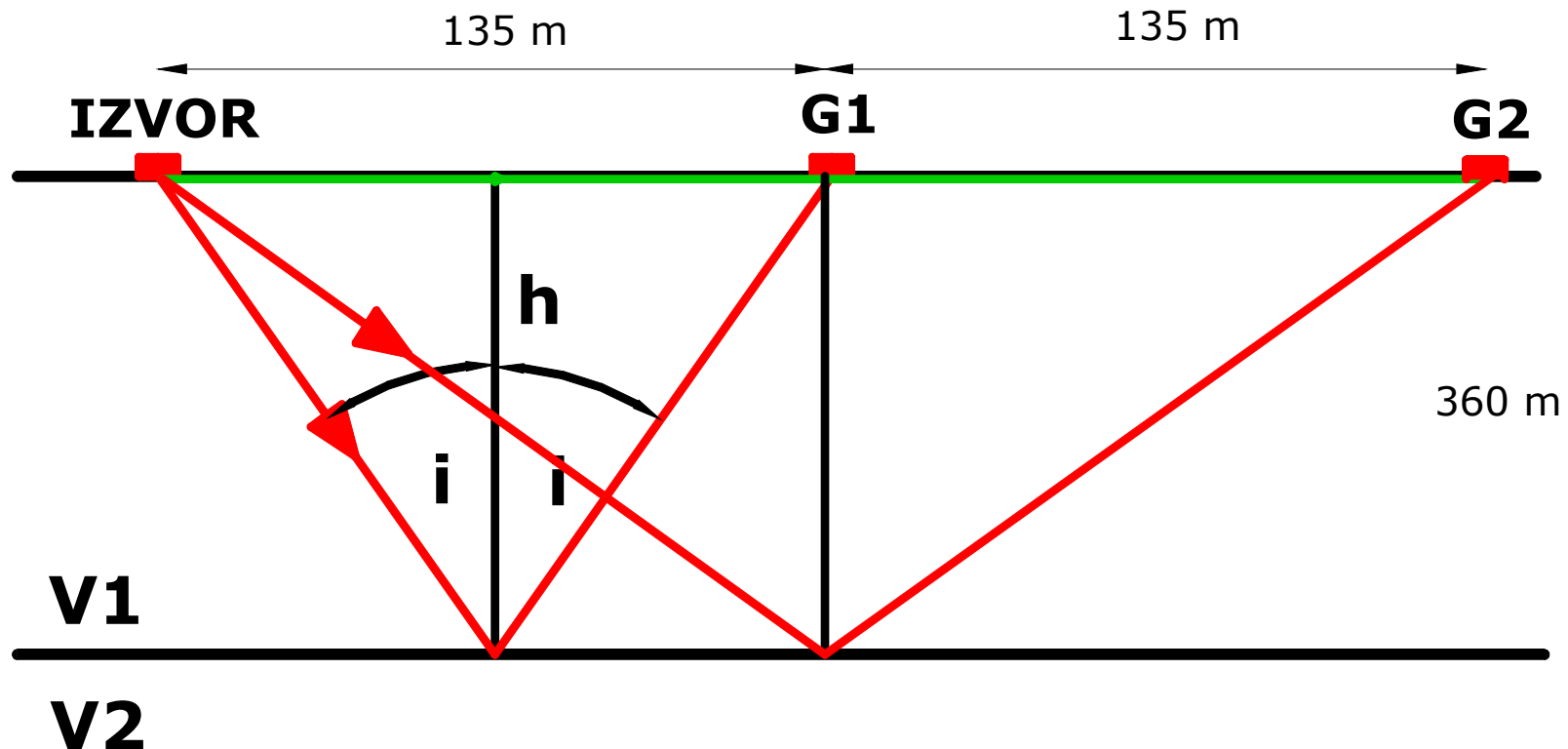


$$t_D = \frac{X}{V_1} \quad t_R = \frac{2 \cdot \sqrt{\left(\frac{X}{2}\right)^2 + h^2}}{V_1} = \frac{\sqrt{X^2 + 4h^2}}{V_1}$$

## 2.ZADATAK

Geofoni su postavljeni na međusobnoj udaljenosti od 135 m (i od izvora). Dubina gornjeg sloja je 360 m. Između dva sloja je granica na kojoj se reflektiraju valovi iz gornjeg sloja. Ako je zadano vrijeme putovanja refleksijskog vala do prvog geofona, potrebno je odrediti vrijeme putanje reflektiranog i direktnog vala od izvora do drugog geofona!

$$t_{R1}=287 \text{ ms} \quad t_{R2}=? \quad t_{D2}=?$$



$$V_1 = \frac{\sqrt{X^2 + 4 \cdot h^2}}{t_{R1}} = \frac{\sqrt{135^2 + 4 \cdot 360^2}}{0.287} = 2552(m/s)$$

$$X_2 = 2 \cdot 135m = 270m \rightarrow t_{R2} = \frac{\sqrt{X^2 + 4h^2}}{V_1} = 0.301s$$

$$t_{D2} = \frac{X_2}{V_1} = \frac{270m}{2552(m/s)} = 0.106s$$

**Sada je, usporedbe radi moguće pronaći vremena putovanja valova za udaljenije geofone.**

**Za X= 0 m:**

$$t_{D0} = \frac{0m}{2552(m/s)} = 0s \quad t_{R0} = \frac{2h}{V_1} = \frac{2 \cdot 360m}{2552(m/s)} = 0.282(s)$$



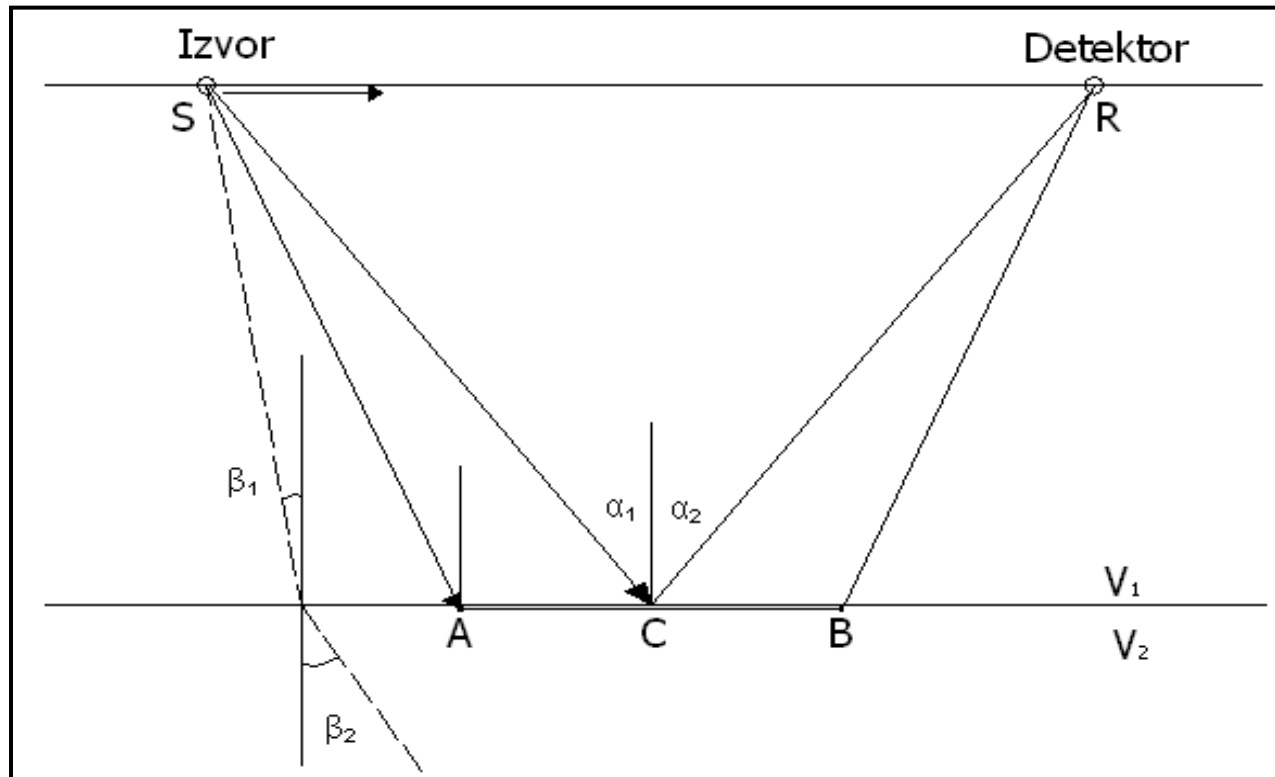
$$\text{Za } x = 30 \cdot 135m = 4050m$$

$$t_{D30} = \frac{4050m}{2552(m/s)} = 1.587(s)$$

$$: t_{R30} = \frac{\sqrt{4050^2 + 4 \cdot 360^2}}{2552(m/s)} = 1.612(s)$$

**Iz rezultata je vidljivo da vrijeme putovanja DIREKTNIH valova u ovisnosti o udaljenosti raste linearno, dok se kod REFLEKTIRAJUĆIH valova na velikim udaljenostima asimptotski približava pravcu  $1/V_1$ .**

# REFRAKCIJA



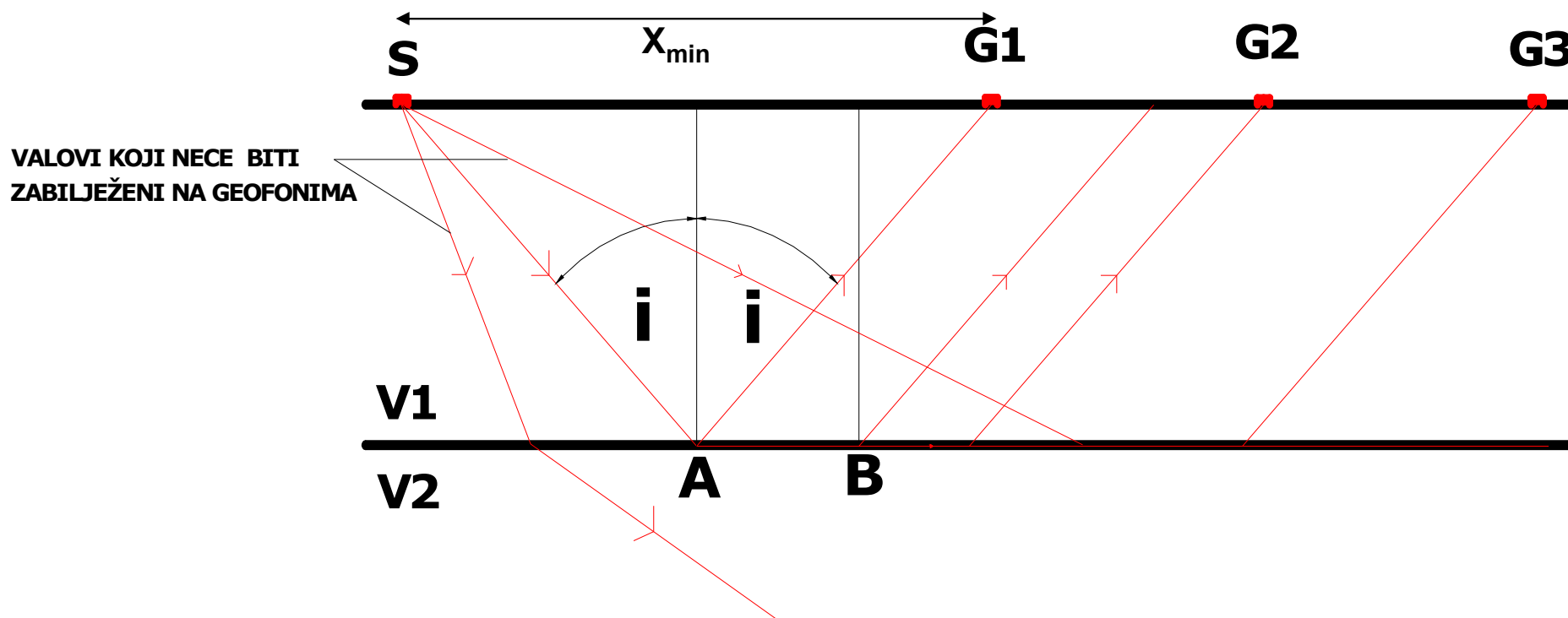
Refrakcija se bazira na Snellovom zakonu

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2}$$

Osnovni uvjet koji mora biti zadovoljen da bi uopće mogli primijeniti metodu refrakcije je

$$V_1 < V_2$$

**ZAKLJUČAK:** Val refleksije uvijek postoji dok to nije slučaj sa valom refrakcije.



$$X_{\min} = 2htg(I)$$

$$t_C = \frac{X}{V_2} + \frac{2h\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 \cdot V_2}$$

### 3. ZADATAK:

Mjerenjima smo dobili slijedeći dijagram:

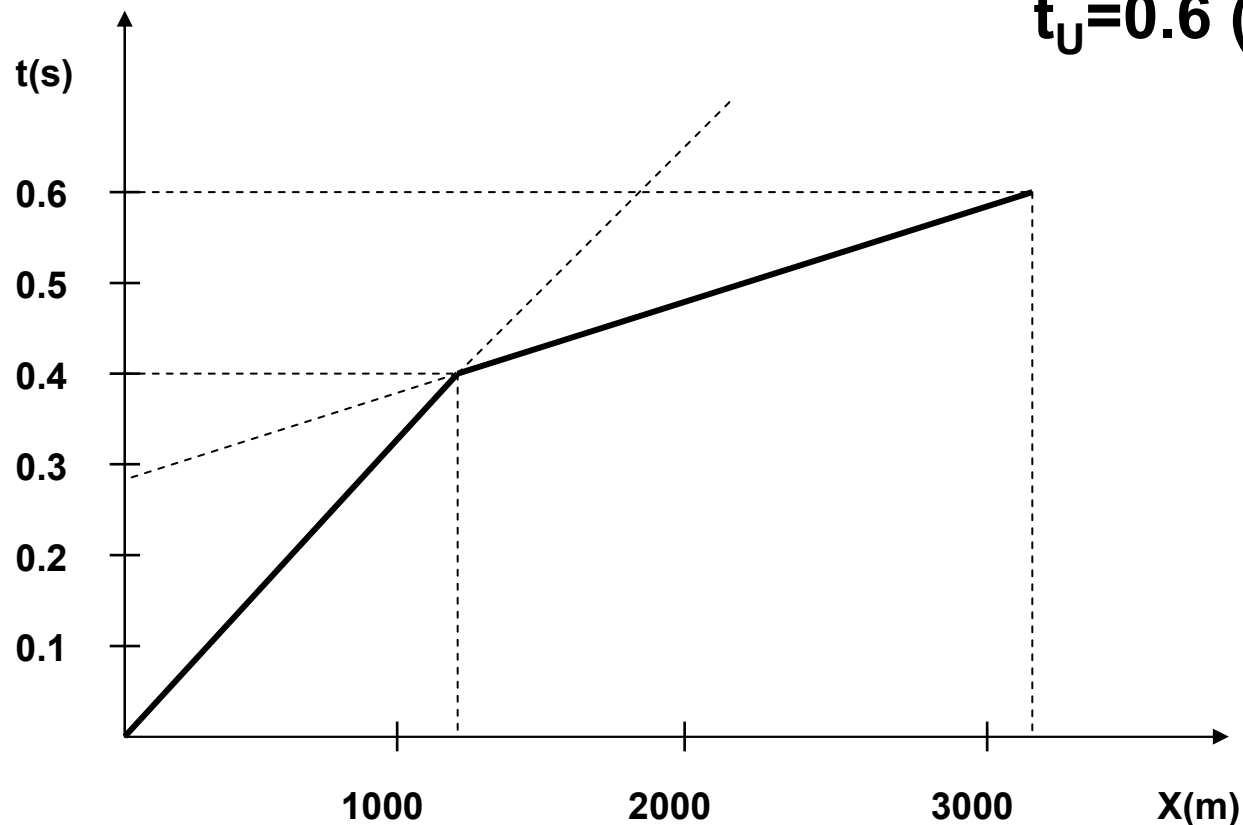
Izračunati dubinu prvog sloja!

$$X_C = 1200 \text{ (m)}$$

$$t_C = 0.4 \text{ (s)}$$

$$t_U = 0.6 \text{ (s)}$$

$$X_U = 3200 \text{ (m)}$$



$$V_1 = \frac{X_C}{t_C} = \frac{1200m}{0.4s} = 3000(m/s)$$

$$V_2 = \frac{X_U - X_C}{t_U - t_C} = \frac{3200 - 1200}{0.6 - 0.4} = 10000(m/s)$$

$$\frac{X_C}{V_1} = \frac{X_C}{V_2} + \frac{2h\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1V_2} \quad \rightarrow \quad h = \frac{1}{2} X_C \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{1}{2} 1200 \sqrt{\frac{10000 - 3000}{10000 + 3000}} = 440.30m$$

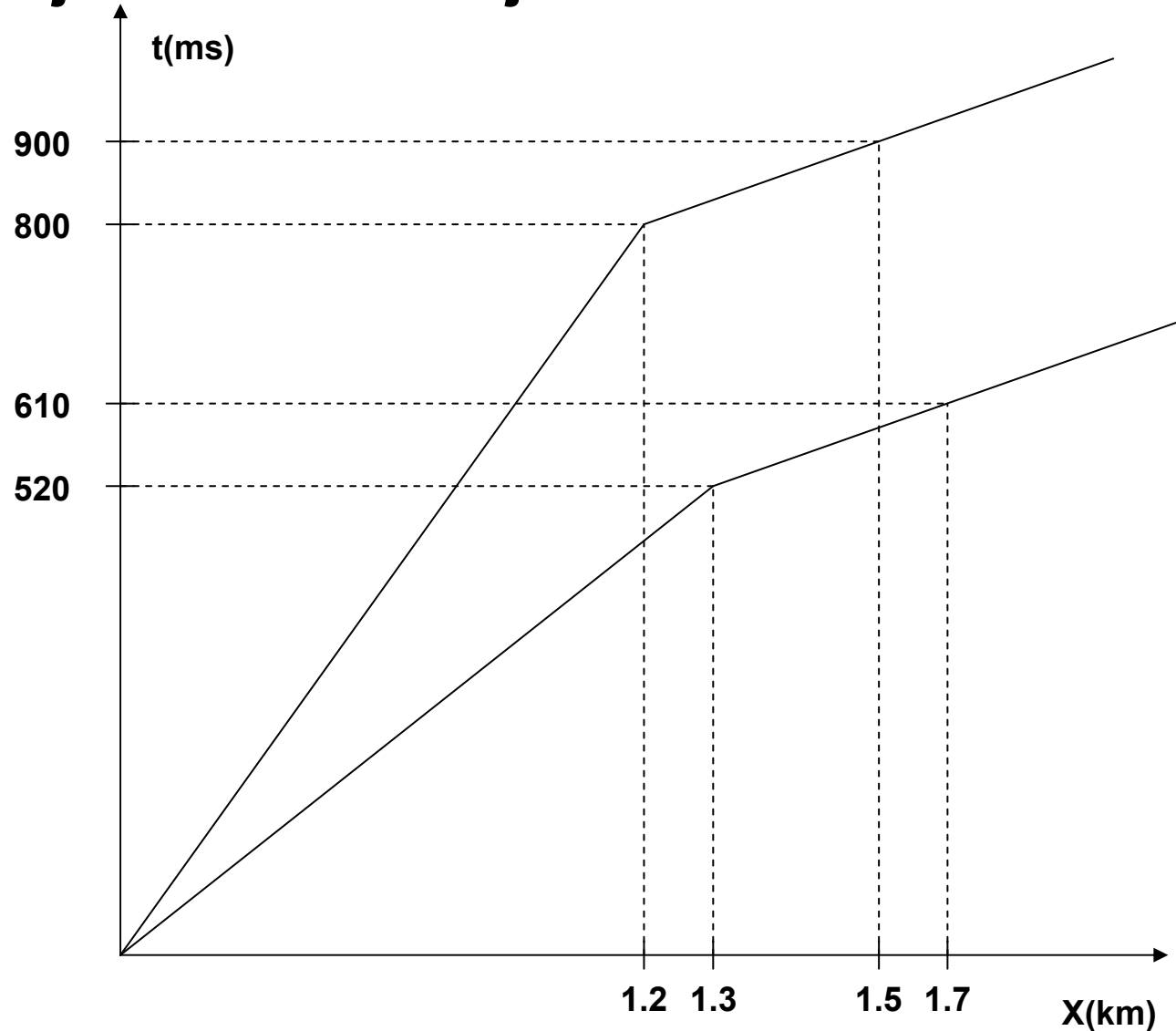
## 4.ZADATAK:

P i S valovi su prikazani na dijagramu. Nađi

A) dubinu na kojoj se nalazi horizontalna granica i

B) naći najveću udaljenost unutar koje neće biti detektirani refraktirani valovi!

$$X_C^P = 1.3 \text{ (km)}$$
$$X_C^S = 1.2 \text{ (km)}$$



**A)**

$$v_1^S = \frac{1200(m)}{0.800(s)} = 1500(m/s)$$

$$v_1^P = \frac{1300(m)}{0.520(s)} = 2500(m/s)$$

$$v_2^S = \frac{1500(m) - 1200(m)}{0.100(s)} = 3000(m/s)$$

$$v_2^P = \frac{1700(m) - 1300(m)}{0.090(s)} = 4444(m/s)$$

$$\frac{Xc}{V_1} = \frac{Xc}{V_2} + \frac{2h\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1V_2} \quad \rightarrow \quad h = \frac{1}{2} Xc \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

### **ZA P - VALOVE**

$$h = \frac{1}{2} 1300 \sqrt{\frac{4444 - 2500}{4444 + 2500}} = 343.92m$$

### **ZA S - VALOVE**

$$h = \frac{1}{2} 1200 \sqrt{\frac{3000 - 1500}{3000 + 1500}} = 346.41m$$



**B)**

$$X_{\min} = 2htg(I)$$

$$\frac{\sin I}{\sin 90^\circ} = \frac{V_1^P}{V_2^P} = \frac{2500 (m / s)}{4444 (m / s)} = 0.562 \Rightarrow I_P = 34.23^\circ$$

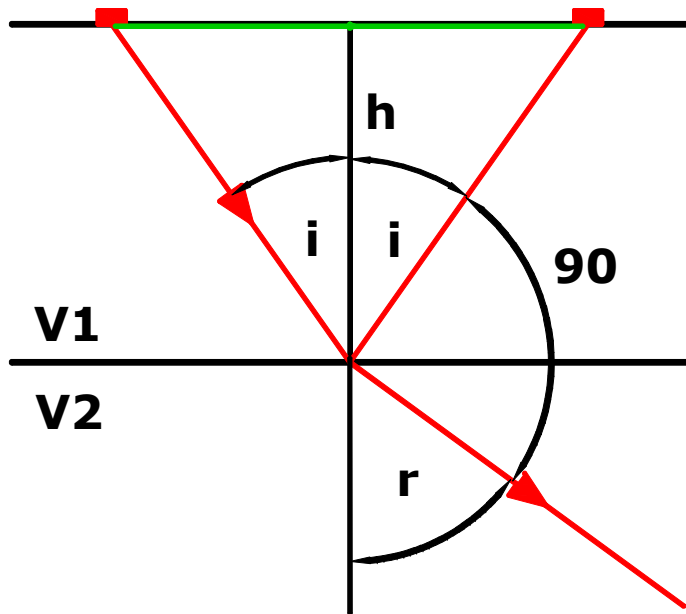
$$\frac{\sin I}{\sin 90^\circ} = \frac{V_1^S}{V_2^S} = \frac{1500 (m / s)}{3000 (m / s)} = 0.500 \Rightarrow I_S = 30^\circ$$

$$X_{\min} = 2htg(I) = 2h \cdot tg(I_P) = 2 \cdot 343.92(m) \cdot tg(34.23^\circ) = 467.98(m)$$

$$X_{\min} = 2htg(I) = 2h \cdot tg(I_S) = 2 \cdot 346.41(m) \cdot tg(30^\circ) = 400(m)$$

## 5.ZADATAK:

Odredi kut incidentnog vala iz gornjeg sloja ako je brzina vala u donjem sloju dvaput veća i kut između vala refleksije i refrakcije je  $90^\circ$ .



$$\begin{aligned}v_2 &= 2v_1 \\ 90^\circ + i + r &= 180^\circ \\ i + r &= 90^\circ \\ r = 90^\circ - i &\rightarrow \sin r = \cos i\end{aligned}$$

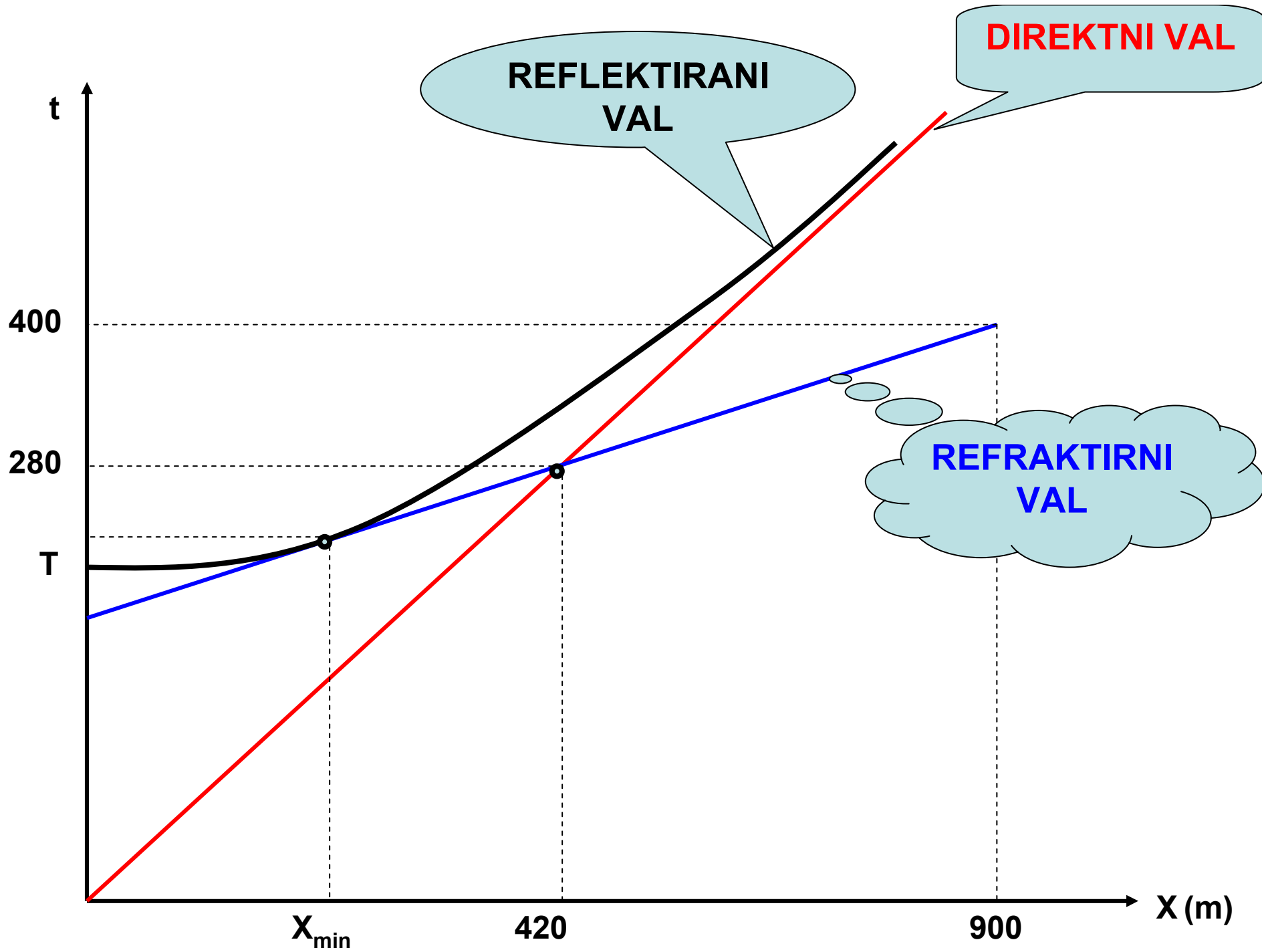
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin i}{\cos i} = \frac{v_1}{2v_1} \Rightarrow \operatorname{tg}(i) = 0.5$$

$$i = 26.56^\circ$$

## **6.ZADATAK:**

**P valovi se na istom području reflektiraju i refraktiraju kao što je prikazano na slici. Ako pretpostavimo horizontalnu granicu između dva sloja potrebno je odrediti:**

- A) brzinu prolaska valova kroz gornji sloj**
- B) brzinu prolaska vala kroz donji sloj**
- C) dubinu na kojoj se nalazi granica**
- D) naći vrijeme T na slici**
- E) naći udaljenost  $X_{\min}$  na kojoj se ne može zabilježiti refraktirani val**



**A)** 
$$v_1 = \frac{420 (m)}{0.280 (s)} = 1500 (m / s)$$

**B)** 
$$v_2 = \frac{900 (m) - 420 (m)}{0.400 (s) - 0.280 (s)} = 4000 (m / s)$$

**C)** 
$$\frac{Xc}{V_1} = \frac{Xc}{V_2} + \frac{2h\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1V_2} \quad \rightarrow \quad h = \frac{1}{2} Xc \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{1}{2} 420 \sqrt{\frac{4000 - 1500}{4000 + 1500}} = 141.58m$$

$$\text{D)} \quad T = \frac{2h}{v_1} = \frac{2 \cdot 141.58m}{1500(m/s)} = 189(ms) = 0.189(s)$$

$$\text{E)} \quad X_{\min} = 2htg(I)$$

$$\frac{\sin I}{\sin 90^\circ} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1500(m/s)}{4000(m/s)} = 0.375 \Rightarrow I = 22.02^\circ$$

$$X_{\min} = 2htg(I) = 2h \cdot tg(I) =$$

$$2 \cdot 141.58(m) \cdot tg(22.02^\circ) = 114.52(m)$$

## 7.ZADATAK:

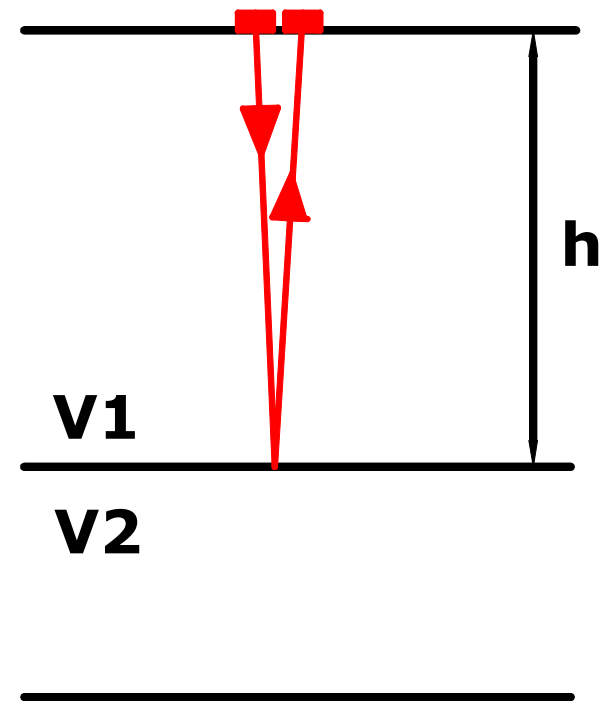
Seizmičko istraživanje područja s dva sloja odvojene horizontalnom granicom na dubini od 340 m detektiralo je neposredno kraj točke iniciranja seizmičkog vala primanje P vala poslije 184 ms i S vala poslije 309 ms nakon detonacije. Gornji sloj ima gustoću  $\rho=2.80 \text{ g/cm}^3$ . Naći modul posmika, dinamički prostorni modul za gornji sloj.

$$h = 30 \text{ m}$$

$$t_p = 184 \text{ (ms)}$$

$$t_s = 309 \text{ (ms)}$$

$$\rho = 2.80 \text{ g/cm}^3 = 2800 \text{ kg/m}^3$$



$$v_P = \frac{2d}{t_P} = \frac{2 \cdot 340m}{0.184s} = 3695.65(m/s)$$

$$v_S = \frac{2d}{t_S} = \frac{2 \cdot 340m}{0.309s} = 2200.65(m/s)$$

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \Rightarrow G = v_S^2 \cdot \rho = 2200.65^2 (m/s) \cdot 2800(kg/m^3) = 13.56 \cdot 10^9 (Pa)$$

$$V_P = \sqrt{\frac{K + 4/3 \cdot G}{\rho}} \Rightarrow K = v_P^2 \cdot \rho - \frac{4}{3} G =$$

$$3695.65^2 \cdot 2800(kg/m^3) - \frac{4}{3} \cdot 13.56 \cdot 10^9 (Pa)$$

$$= 20.162 \cdot 10^9 (Pa) = 20.162(GPa)$$



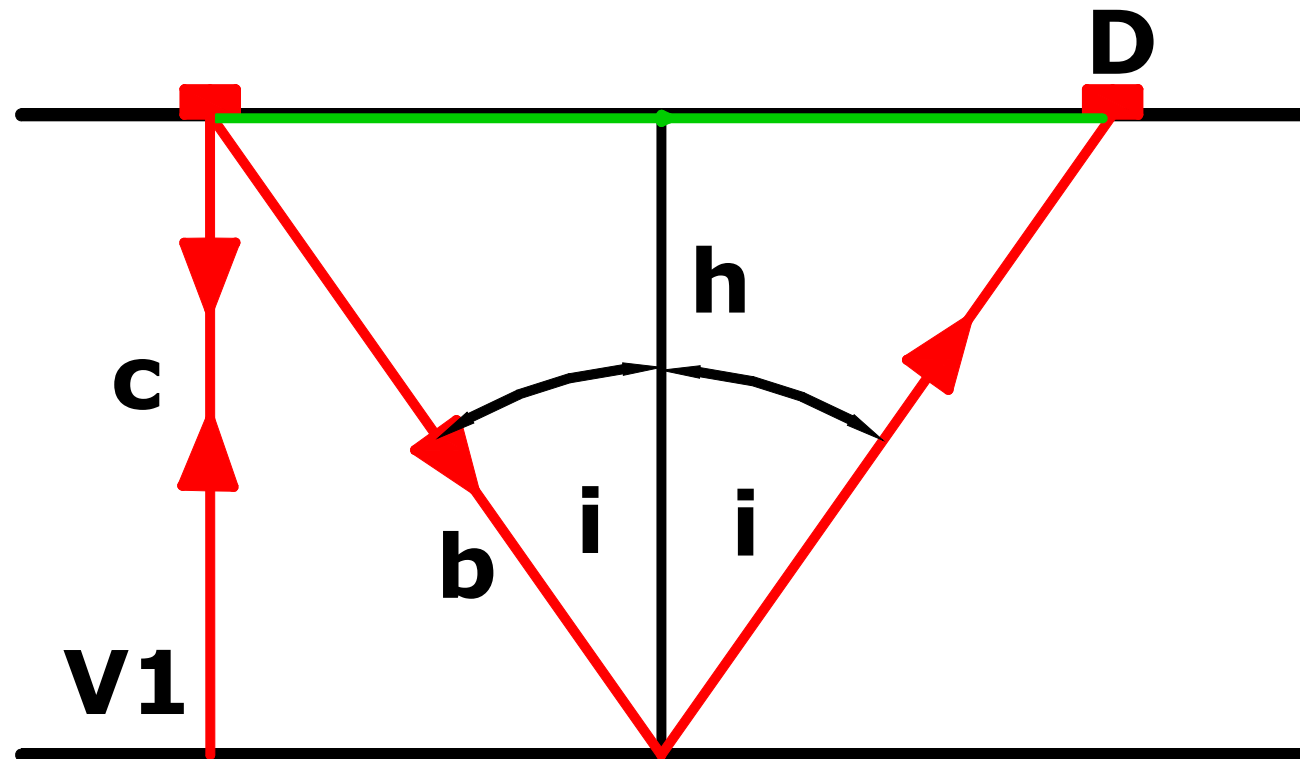
## 8.ZADATAK:

Terenskim mjerenjima izmjerene su brzine putovanja direktnih i reflektirajućih valova. Potrebno je naći vrijeme nailaska reflektirajućeg vala na geofon neposredno uz izvor? Geofon D udaljen je od izvora 740 m.

$$t_D = 259(\text{ms})$$

$$t_{rb} = 325(\text{ms})$$

$$t_{rc} = ?$$



$$v = \frac{L}{t_P} = \frac{740 \text{ m}}{0.259 \text{ s}} = 2857.14 \text{ (m / s)}$$

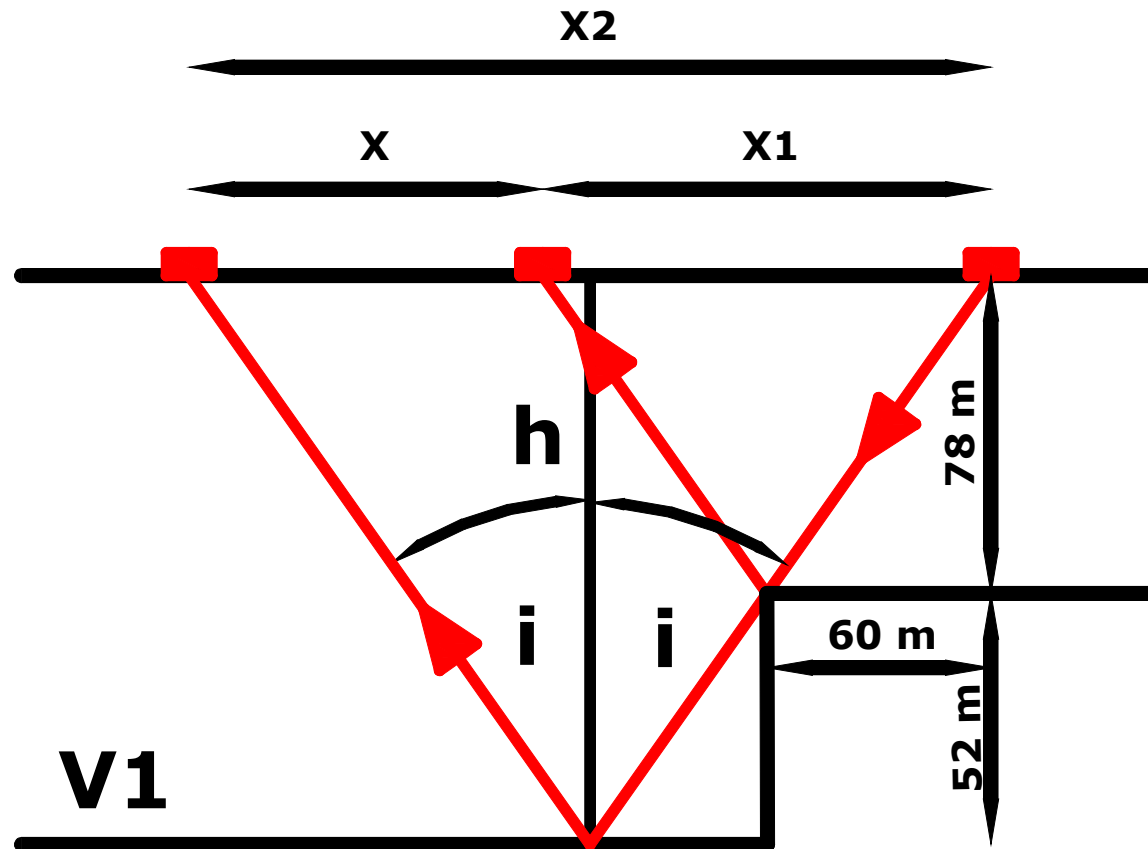
$$t_{rb} = \frac{\sqrt{X^2 + 4h^2}}{V} \Rightarrow h^2 = \frac{t_r^2 \cdot v^2 - X^2}{4} =$$
$$\frac{0.325^2 \cdot 2857.14^2 - 740^2}{4} \Rightarrow h = 280.43 \text{ m}$$

$$t_{rc} = \frac{2 \cdot h}{v} = \frac{2 \cdot 280.43 \text{ (m)}}{2857.14 \text{ (m / s)}} = 0.196 \text{ (s)}$$

## 9.ZADATAK:

Potrebno je odrediti razliku udaljenosti zraka na mjestu opažanja (površina) ako je konfiguracija terena kao na slici.

$$X = ?$$



$$X_1 = 2 \cdot 60m = 120m$$

$$h_1 = 78(m)$$

$$\operatorname{tg}(i) = \frac{60(m)}{78(m)} \Rightarrow i = 37.57^\circ$$

$$\frac{X_2/2}{130(m)} = \frac{60(m)}{78(m)} \Rightarrow X_2 = 200(m)$$

$$X = X_2 - X_1 = 200 - 120 = 80(m)$$