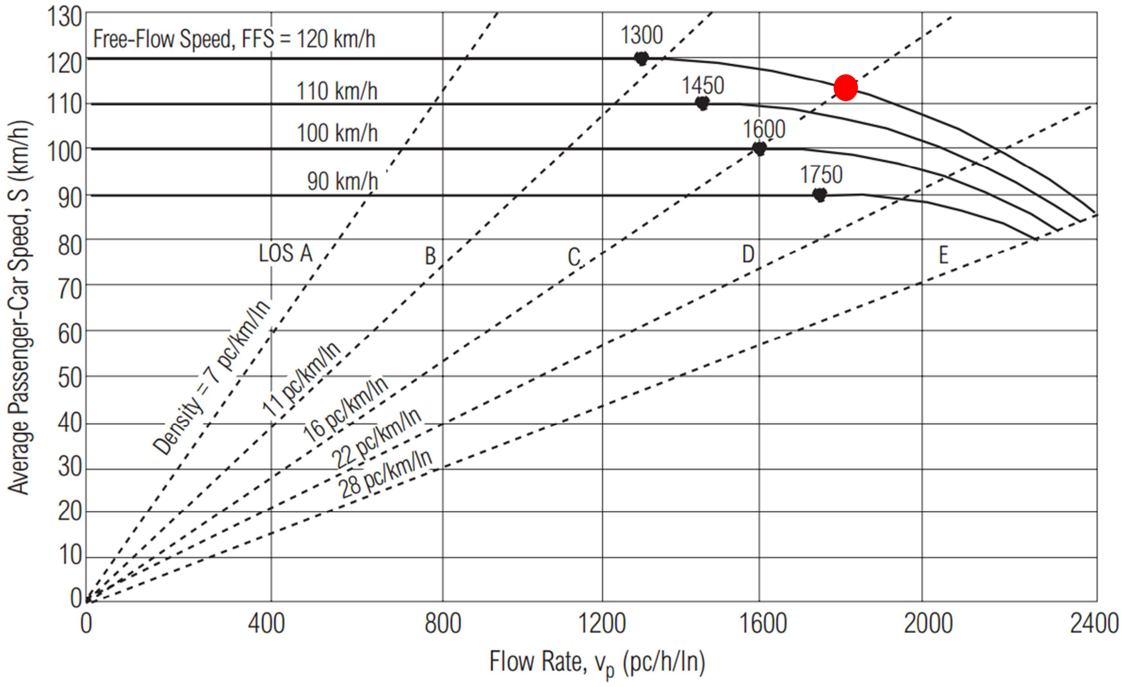
1 TOEPASSINGEN WEGONTWERP

1.1 Aantal rijstroken

a) 50.000 vtg/dag voor twee richtingen
Kentallen: 50/50-verdeling en 12% in spitsuur. 1 vrachtauto is 1,5 pae. Dus drukste uur per richting is 0,5 x 0,12 x 50.000 (0,2 x 1,5 + 0,8 x 1,0) = 3300 pae/uur.



Lees af uit grafiek: capaciteit per strook is 1800 auto's/uur. Dus nodig 3300/1800 = 1,83 = 2 rijstroken per richting en die zijn er.

b) De drukste kwartier-factor is een extra veiligheidsfactor die de intensiteiten in het drukste kwartier omrekent naar een intensiteit per uur. Het gebruiken van deze factor levert dus een extra marge op in het ontwerp van het aantal rijstroken. Zie ook kader op p.3.16 van het diktaat.

c) De drukste kwartier-factor is gelijk aan 1,12. Dus de maatgevende intensiteit wordt:
3300 pae/uur x 1,12 = 3696 pae/uur. Dan is er dus nodig 3696/1800 = 2,05 rijstroken.
Twee rijstroken is dus eigenlijk niet meer voldoende.

d) Volgens de NOA is de capaciteit van een tweestrooks snelweg met 20% vrachtverkeer 4227 mvtg/h, zie tabel 2.11 van het diktaat. Dit is dus met een pae-factor van 1,5 gelijk aan 0.8 x 4227 + 0.2 x 4227 x 1.5 = 3382 + 1268 = 4650 pae/uur. Dit is veel meer dan de berekende waarde in c. Daarom moeten twee rijstroken ruimschoots voldoende zijn voor deze verkeersvraag.
Het verschil tussen de twee waarden zit vooral in het gekozen afwikkelingsniveau. Volgens de NOA is de capaciteit echt wat een weg in een uiterst geval in staat is om te verwerken, terwijl de berekening rekening houdt met een zekere mate van robuustheid en kwaliteit, verrekend in het afwikkelingsniveau.

1.2 De bocht bij Knooppunt Ypenburg

a) Een turbine

b) Zes. Per bocht zijn er namelijk twee overgangsbogen nodig aan het begin en einde ervan. Dus twee voor de eerste bocht naar rechts, twee voor de grote bocht naar links en twee voor de laatste bocht naar rechts. (NB De boogstralen zullen kleiner zijn dan 2000 m; dus moeten overgangsbogen worden toegepast).

c) $R \geq \frac{7*V^2}{210-V+9P} \rightarrow P = \frac{\frac{7*V^2}{R}+V-210}{9} = 2,42\% \approx 2,5\%$ met V=90km/h

d) $A = R/3 = 133,33 \quad L = A^2 / R = 44,4 meter$

e) Als eerst moet de hoekverdraaiing van de twee overgangsbogen worden bepaald.

$$\tau = \frac{L}{2R} = \frac{44,4}{800} = 0,0555 rad$$

De totale bocht heeft een hoekverdraaiing van: $100*\pi/180 = 1,745 rad$. Voor de hoofdboog moet dan nog een hoekverdraaiing zijn van: $1,745 - 2*0,0555 = 1,6343 rad$. Dan is de lengte van deze boog gelijk aan de straal maal deze hoekverdraaiing (definitie radialen): $Lengte\, hoofdboog = 1,6343*400m = 653,7\, meter$. De totale lengte is dus: 653,7 + 2*44,4 = 742,5 meter. Opmeten op Google Earth geeft een lengte van 760 meter.

1.3 De Waalse Ardennen

a) Voor de voetboog (hol) geldt: R= 16600 meter (esthetica maatgevend), voor de topboog (bol) R=8300 meter. De laatste waarde kan ook berekend worden met formule 3.11 uit het dictaat: R=8284 meter.

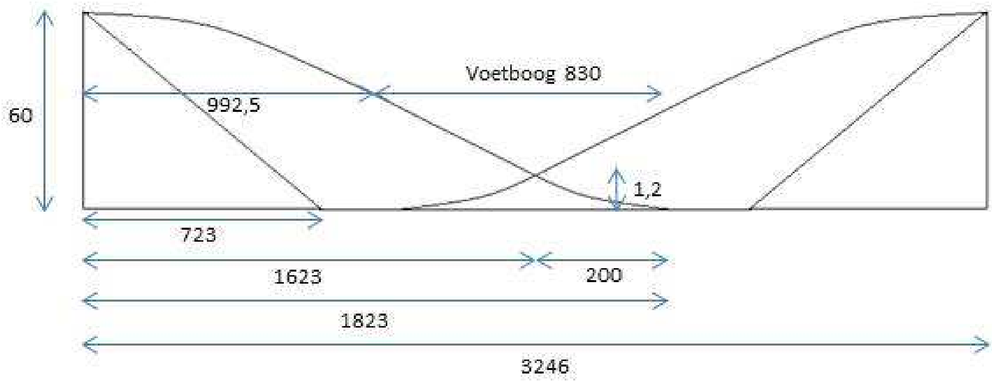
b) Toepassen van formule 3.18 geeft:

$$L = \sqrt{2*H*\sum R} = \sqrt{2*60*(16600+8300)} = 1730\, meter$$

Dit geeft een hellingspercentage in het buigpunt van: $i = \frac{L}{\sum R} * 100 = 6,9\, procent$
Dit is te hoog, want het mag maximaal 5% zijn. Door het toepassen van een stuk rechte helling tussen de voet en topboog wordt wel aan deze eis voldaan. De lengte kan dan als volgt berekend worden met p=5%:

$$L = \frac{p*\sum R}{200} + \frac{100*H}{p} = \frac{5*(16600+8300)}{200} + \frac{100*60}{5} = 1822,5\, meter$$

c) Omdat de heuvels aan beide zijden van het dal hetzelfde zijn, zal dus ook bij beide heuvels dezelfde helling worden aangelegd. De heuvels zijn 60 meter hoog met een hellingspercentage van 8,3%. Dat houdt in dat de breedte van de heuvel van de top tot de voet gelijk is aan: 723 meter. Het dal is 1800 meter breed. De afstand tussen de twee heuveltoppen is zodoende 1800+2*723=3246 meter. Dat is te kort om daar twee hellingen met een lengte van 1822,5 meter tussen te passen. De lengte van de helling mag maar 1623 meter zijn, zodat er precies twee passen.



d) De hellingen zijn beide precies gelijk want het dal is symmetrisch. Dit houdt in dat de berekende hellingen precies zouden kruisen halverwege het dal, 723 + 1800/2=1623 meter vanaf de heuveltop. Om te weten op welke hoogte de hellingen zullen kruisen, moet eerst worden bepaald of dit punt zich in de voetboog, rechte helling of topboog bevindt. Aan de hand van formule 3.15 uit het dictaat kan de horizontale lengte van de voetboog worden bepaald.

$$x = i * R = 0{,}05 * 16600 = 830\ meter$$

Dit houdt in dat het einde van de voetboog zich bevindt op een afstand van 1822,5-830=992,5 meter vanaf de heuveltop. De plek waar de hellingen kruisen valt dus binnen de lengte van de voetboog, zoals te zien op bovenstaande afbeelding. Nu kan met formule 3.14 uit het dictaat eenvoudig de hoogte van de voetboog op deze plek worden bepaald. De plek van kruisen is 200 meter vanaf het begin van de voetboog, zoals te zien op de afbeelding.

$$y = \frac{x^2}{2R} = \frac{200^2}{2 * 16600} = 1{,}2\ meter$$

e) Om te zorgen dat het traject precies passend is mag de lengte per helling niet groter zijn 1623 meter. Er wordt aangenomen dat het nog steeds nodig is om een rechte helling toe te passen tussen voet en topboog (zie vraag b). Dan kan met formule 3.19 van het dictaat H worden opgelost. Hieruit volgt H= 50,025 meter. De top van de heuvel moet dus tien meter worden ingegraven. Nu moet er nog wel gecontroleerd worden of met een hoogteverschil van 50 meter nog steeds een rechte helling moet worden toegepast tussen de voet en topboog (zie vraag b). Hiervoor moet de nieuwe hoogte worden ingevuld in formule 3.18 om vervolgens het maximale hellingspercentage te berekenen als er geen rechte helling zou zijn. Dit heb je al gedaan bij vraag b van deze opgave. Het hellingspercentage zou in deze situatie gelijk zijn aan 6,3% en dus nog steeds hoger dan 5%. De toepassing van formule 3.9 voor het oplossen van dit vraagstuk is dus correct.

f) Voor deze vraag is een zeer goede tekening nodig. Hieronder is het alignement getekend. De groene driehoek is de hoeveelheid weggegraven grond. Hierbij is aangenomen dat het alignement horizontaal loopt tot aan het punt op x=120,5 meter waar de weg de helling van de heuvel snijdt (punt 1:(120,5;50,0)). (120,5 = (60-50)m / (8,3%)). Het oppervlak van deze driehoek is:

$$A = 0{,}5 * 120{,}5 * 10 = 602{,}5\ m^2$$

De aanname is gedaan omdat het hoogteverschil van het alignement tussen de top en punt 1 slechts 0,87 meter is. Dit kan worden berekend met formule 3.14.

Met de formules 3.14 en 3.15 kan worden bepaald wat de hoogte van het alignement is aan het einde van de voet en topboog (punten 2 en 3: (793;20,75) en (415;39,6)), en op welke x-coördinaat dat is. De lengte van de topboog is 415 meter, die van de voetboot 830 meter. De rechtstand is dus 378 meter lang. De rechtstand heeft een helling van 5%. Met dit gegeven en de eindhoogte van de voetboog kan worden bepaald dat een fictief doorgetrokken rechtstand het grondniveau snijdt op een afstand van 415 meter vanaf het einde van de voetboog (punt 5: (1208,0)). Ditzelfde kan worden gedaan om de x en y coördinaat van het hoogste punt van de gele driehoek te bepalen (punt 4: (120,5;54,72)). De oppervlakte van de gele driehoek kan dan worden bepaald (29754 m^2). In de afbeelding is nog een driehoek weergegeven in de gele driehoek. Dit is de oorspronkelijke helling van de heuvel. De oppervlakte van deze driehoek moet ook worden bepaald. Dit is namelijk grond die er al is en dus niet hoeft worden toegevoegd (oppervlakte is 15062 m^2). De totale toegevoegde grond is dus gelijk aan de oppervlakte van de gele driehoek minus de oppervlakte van de driehoek van de oorspronkelijke heuvel. (29754-15062=14692 m^2)
De kans dat je deze vraag helemaal goed hebt gedaan is klein. De manier waarop de helling met driehoeken is vereenvoudigd kan ook verschillen. Het belangrijkste is dat je in staat bent om de verschillende hoogte- en lengtematen te berekenen, zodat alle afmetingen van het alignement bekend zijn.