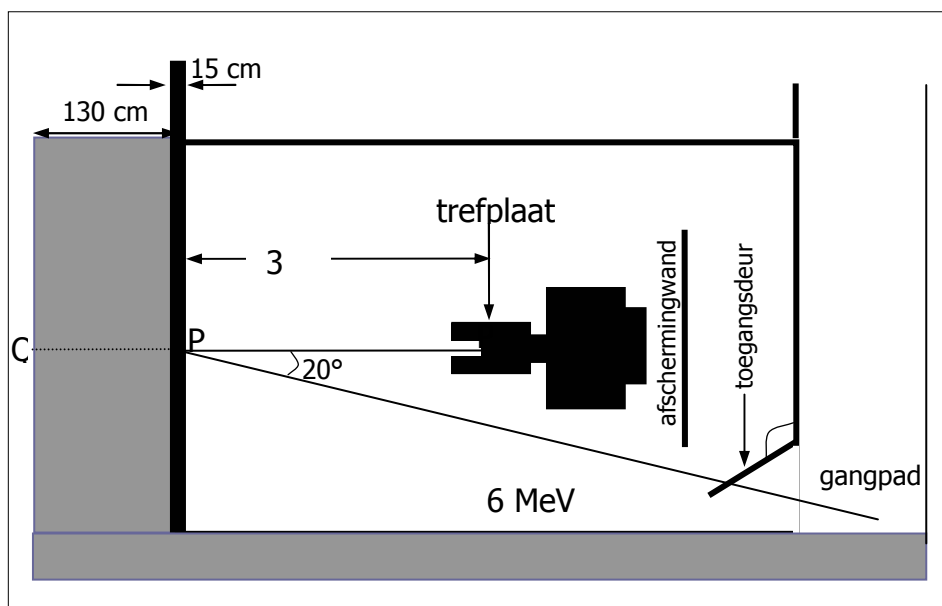


Vraagstuk: Afscherming versnellerruimte

Een onderzoeksinstituut beschikt over een 6 MV versneller. Hiermee worden elektronen versneld die vervolgens op een trefplaat remstralingsfotonen produceren. Met deze fotonenbundel wordt onderzoek verricht. Het is de enige bron van ioniserende straling in dit instituut. De versnellerruimte bevindt zich aan het eind van een gang op de begane grond. Om te voorkomen dat de verstrooide fotonenbundel op het gangpad een verhoogd stralingsniveau veroorzaakt is een afschermingswand van lood in de versnellerruimte aangebracht (zie Figuur 1). Uit metingen op het gangpad ter hoogte van de toegangsdeur blijkt dat deze wand niet voldoet d.w.z niet lang genoeg is.

Gegevens:

- Tabel 1. Massieke verzwakkings- en energieabsorptiedoorsneden in lood.
Soortelijke massa lood = $11,34 \text{ g/cm}^3$.
- Figuur 1. Plattegrond van de versnellerruimte en het gangpad met daarin aangegeven de (verstrooide) fotonenbundel.
- Figuur 2. Luchtkermaptempoconstante op 1 m afstand van de trefplaat als functie van de versnelspanning.
- Figuur 3. Transmissie in lood van een fotonenbundel opgewekt met versnelde elektronen van 10, 20 en 30 MV.
- Figuur 4. Transmissie in beton van een fotonenbundel opgewekt met versnelde elektronen van 10, 20 en 30 MV.



Figuur 1. Plattegrond van de versnellerruimte en het gangpad.

Vraag 1

Bereken de maximale energie van de fotonen die onder de weergegeven hoek ($\theta = 160^\circ$) op het gangpad komen. Ga uit van een geheel geopende deur.

De deskundige geeft opdracht de afschermingswand te verlengen, zodanig dat het luchtkermaptempo van de verstrooide straling voldoende gereduceerd wordt. Om te voldoen aan de geldende limieten moet de verstrooide straling gereduceerd worden met een factor 250.

Vraag 2

Bereken de minimale dikte van de verlenging van de afschermingswand indien deze uit lood wordt opgebouwd. Verwaarloos bij de beantwoording van deze vraag de afschermende werking van de deur. Ga uit van een opbouwfactor $B = 1,0$ en neem aan dat de afschermingswand loodrecht staat op de verstrooide fotonenbundel.

Op een zeker moment besluit men de versneller te vervangen door een 20 MV versneller. Deze zal worden geplaatst op dezelfde plek als de vorige versneller. De nieuwe versneller zal standaard worden ingesteld op een stroomsterkte van 2 mA. De deskundige wordt gevraagd de stralingsintensiteit van de nieuwe versneller te bepalen.

Vraag 3a

Hoe groot zal het luchtkermaptempo zijn in de directe bundel aan de binnenkant van de muur ter plaatse van punt P?

Het deel van de muur waar de directe bundel op valt, is voorzien van lood met een dikte van 15 cm. De muur heeft daar een dikte van 130 cm beton.

Vraag 3b

Hoe groot zal het luchtkermaptempo zijn aan de buitenkant van de muur ter plaatse van punt Q? Neem aan dat de transmissie door de samengestelde (lood/beton) wand gelijk is aan het product van de transmissie door de loodwand en de transmissie door de betonwand.

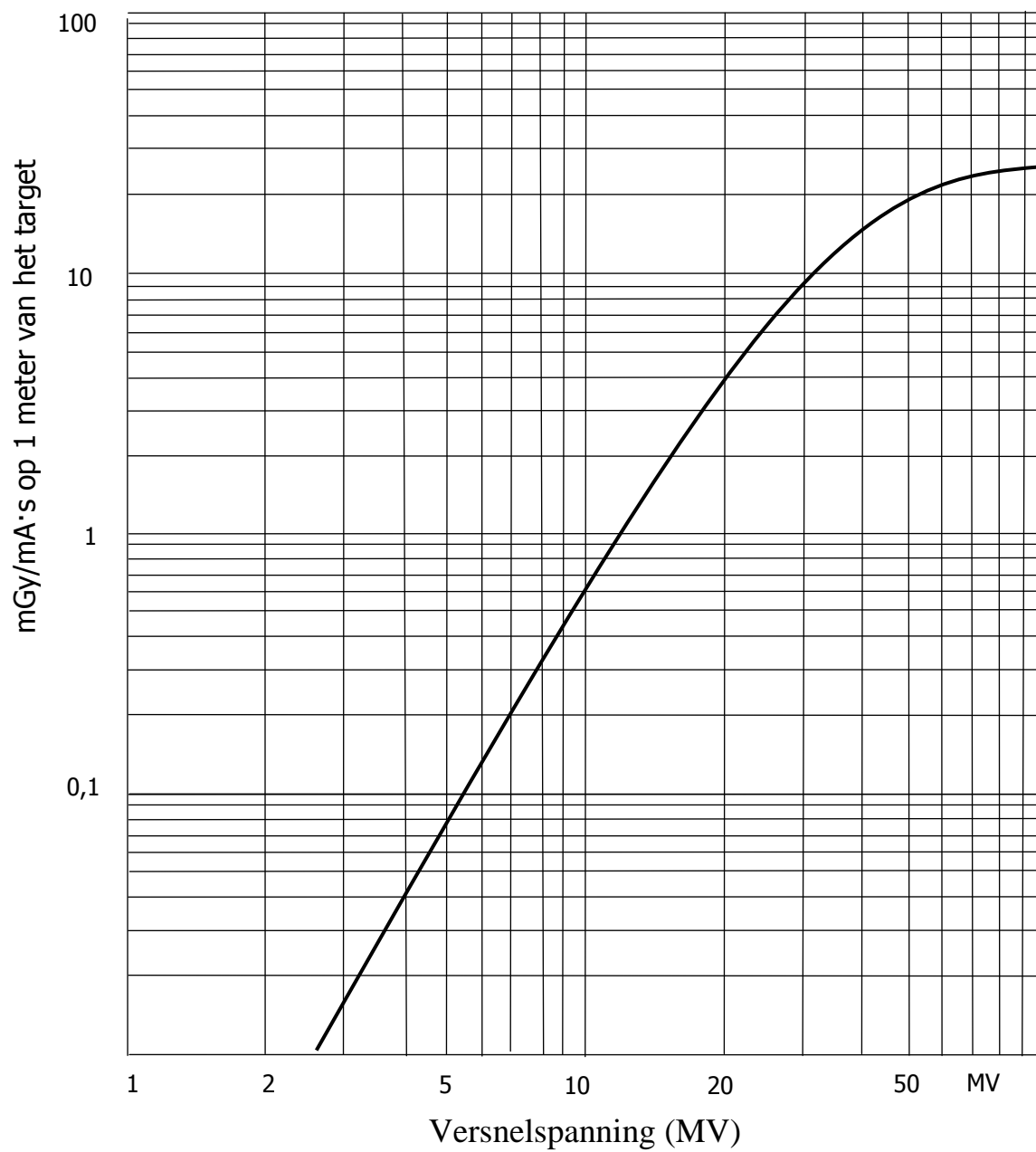
De deskundige heeft berekend dat de effectieve dosis aan de buitenmuur 0,96 mSv per jaar zal zijn. Nog voor de (wijziging van de) vergunning wordt aangevraagd blijkt dat de directie een deel van het terrein heeft verkocht. In het gemeentelijke bestemmingsplan is opgenomen dat aan de terreingrens een appartementencomplex zal verrijzen. De grens daarvan zal zich op 1 m van de muur van de versnellerruimte bevinden, in het verlengde van de directe bundel.

Vraag 4

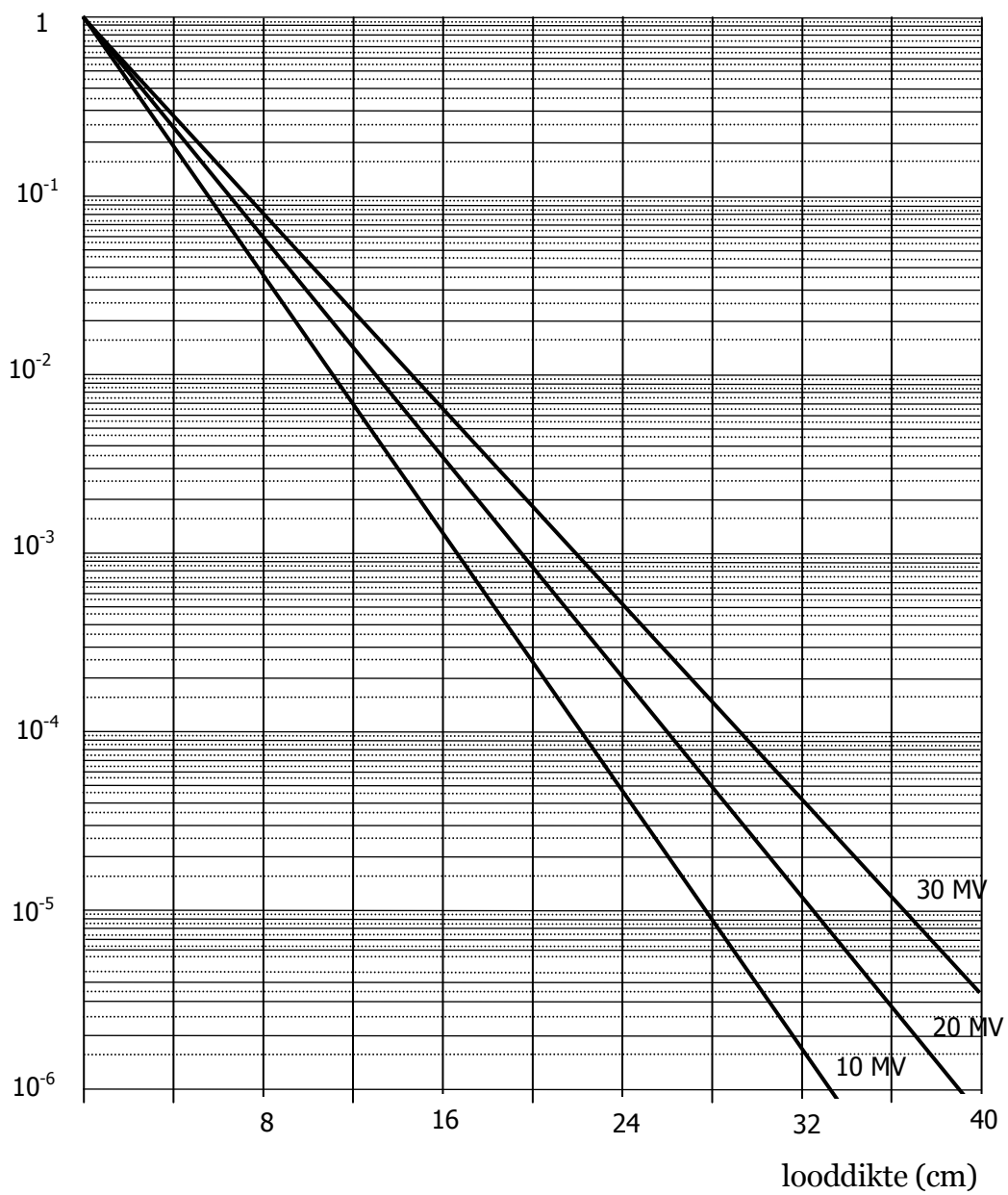
Geef met een berekening aan of de overheid zonder dat het instituut nadere maatregelen neemt, een nieuwe vergunning voor de versneller zal kunnen verlenen.

Tabel 1. Massieke verzwakkings- en energieabsorptiedoorsneden in lood ($\rho = 11,34 \text{ g/cm}^3$).

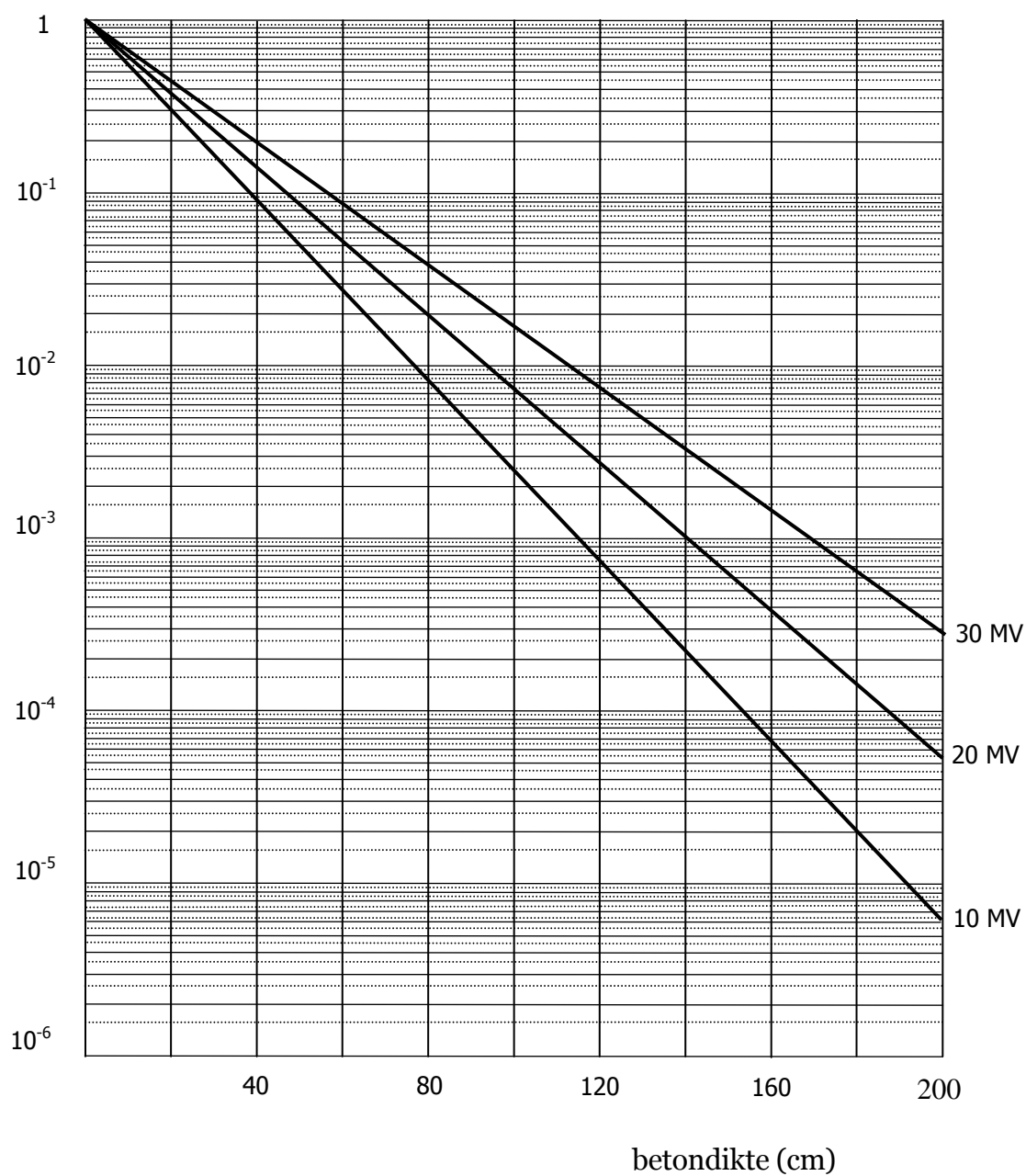
Energie keV	μ/ρ cm^2/g	μ_{en}/ρ cm^2/g
50	8,04	6,63
100	5,55	2,09
150	2,01	1,10
200	0,999	0,610
250	0,606	0,376
300	0,403	0,253
350	0,300	0,186
400	0,232	0,142
450	0,192	0,115
500	0,161	0,095



Figuur 2. Luchtkermatempoconstante op 1 m afstand van de trefplaat als functie van de versnelspanning.



Figuur 3. Transmissie in lood van een fotonenbundel opgewekt met versnelde elektronen van 10, 20 en 30 MV.



Figuur 4. Transmissie in beton van een fotonenbundel opgewekt met versnelde elektronen van 10, 20 en 30 MV