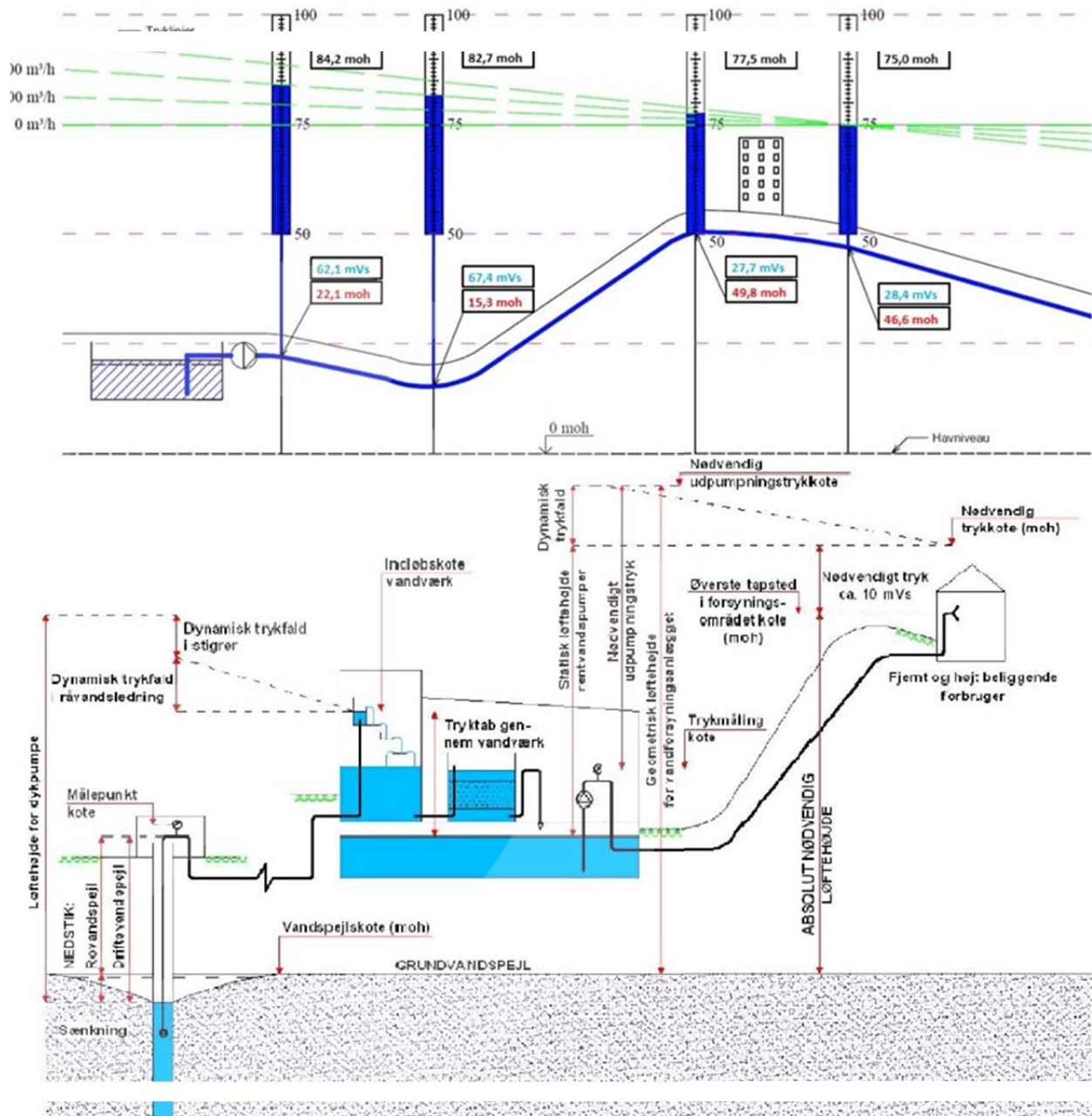


# TRYK OG TRYKKOTER

En kort forklaring om begreberne "meter vandsøjle" og "meter over havet"



## Indholdsfortegnelse

|           |  |          |
|-----------|--|----------|
| <b>1.</b> | <b>Tryk og trykkoter i et vandforsyningssystem.....</b>      | <b>3</b> |
| 1.1       | Tryk og trykkoter.....                                       | 3        |
| 1.2       | Eksempel på brug af tryk og trykkoter i forbundne kar.....   | 4        |
| 1.3       | Eksempel på brug af tryk og trykkoter i vandforsyningen..... | 6        |

## 1. Tryk og trykkoter i et vandforsyningssystem

Når man taler om tryk i et system, er det oftest udtrykt som "bar" (bar), "pascal" (Pa), "kilopund pr. cm<sup>2</sup>" (kp/cm<sup>2</sup>) og nogle steder som "atmosfærisk tryk" (atm eller at). Alle enhederne tjener det samme formål: at måle et givent tryk i et system.

Det kan imidlertid være en svær opgave at finde rundt i alle de forskellige udtryk og ikke mindst at tolke dem, så de giver mening – og hvad gør man, hvis man har to målinger med hver sin måleenhed?

For at rette op på nogle af de komplikationer, der kan være forbundet med alle disse trykenheder, er "meter vandsøjle" (mVS) og især "meter over havets overflade" (i daglig tale meter over havet: moh) derfor ved at finde sin plads i flere af de danske vandforsyninger. Betegnelserne letter forståelsen for, hvordan driftsforholdene er i vandforsyningsområdet, hvilket kan medvirke til bl.a. en bedre driftsøkonomi, men det kan ligeledes have en positiv indvirkning på vandforsyningssikkerheden.

### 1.1 Tryk og trykkoter

Trykenheden "meter vandsøjle" (mVS) er grundlæggende set et afledt udtryk af SI-enheden Pascal (Pa). Man kan sige, at 1 mVS svarer til et tryk fra et åbent rør fyldt med 1 meter vand.

I nedenstående tabel ses en liste over de anvendte trykenheder, omregnet til mVS.

| Trykenhed           | Omregnet til mVS |
|---------------------|------------------|
| 1 Pa                | 0,000102         |
| 1 kPa               | 0,102            |
| 1 Bar               | 10,20            |
| 1 kp/m <sup>2</sup> | 0,001            |
| 1 atm               | 10,33            |
| 1 psi               | 0,7031           |
| 1 N/mm <sup>2</sup> | 102              |

*Kilde: Pumpeståbi, 3. udgave, 2000*

Begrebet "meter over havet" (moh) refererer til afstanden fra havets overflade til et givent objekt. Det kan fx være terrænkoten, gulvkoten på et vandværk, fixpunktet for pejlerøret på en boring eller monteringskoten på trykmålerne (manometrene).

I vandforsyninger bruges begrebet bl.a. til at fastlægge det "totale" tryk i et givent målepunkt. Trykkoten er direkte sammenlignelig med fx terrænkoter eller andre højdekoter angivet i "moh".

Trykkoten beregnes ud fra følgende formel:

$$\text{Trykkote [moh]} = \text{manometerets monteringskote [moh]} + \text{manometervisningen [mVS]}$$

Kender man ikke monteringskoten, men fx kun gulvkoten på vandværket, kan man måle afstanden mellem gulvet og manometeret og lægge dem sammen:

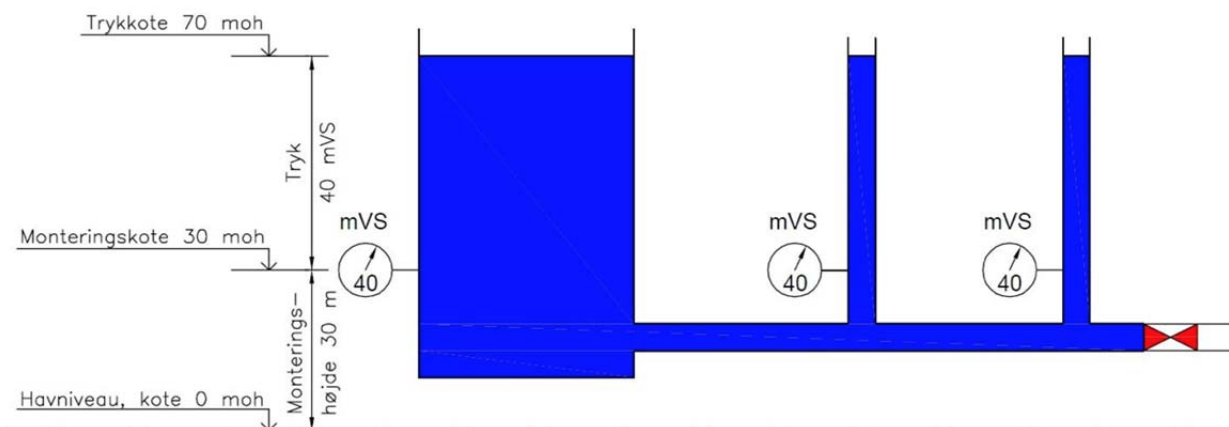
$$\text{Monteringskoten for manometeret [moh]} = \text{gulvkoten [moh]} + \text{afstanden mellem gulv og manometeret [m].}$$

## 1.2 Eksempel på brug af tryk og trykkoter i forbundne kar

I det nedenstående eksempel er der vist et system med flere forbundne kar med en lukket afgangsentil. Når tanken er fyldt, vil manometrene, som er monteret i samme højde, vise det samme: i dette tilfælde 40 mVS. Tankens manometre er monteret 30 meter over havets overfalde (moh), hvilket giver følgende trykkoter i systemet:

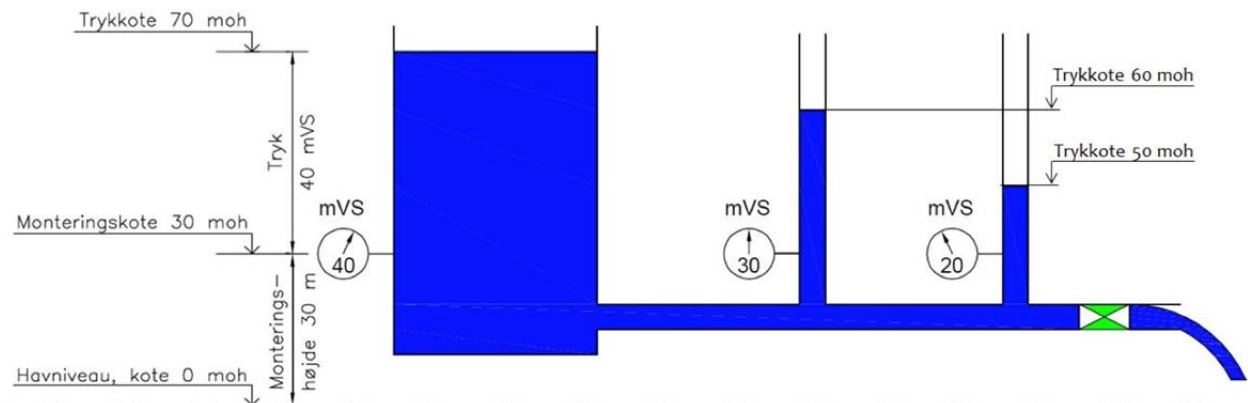
$$\text{Trykkoten [moh]} = \text{monteringskoten [moh]} + \text{manometervisningen [mVS]}$$

$$\text{Trykkoten} = 30 \text{ moh} + 40 \text{ mVS} = 70 \text{ mVS}$$



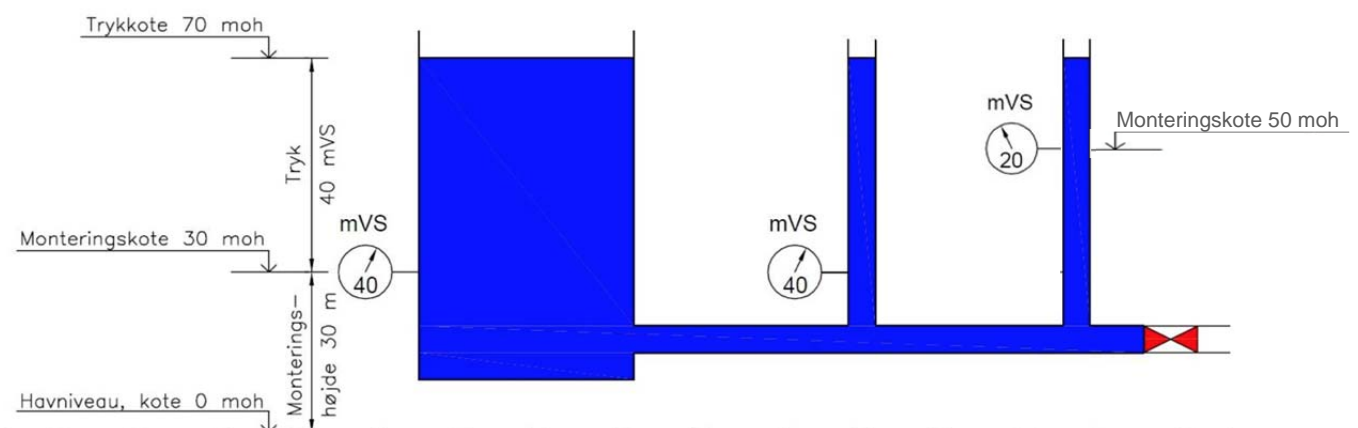
Figur 1 Forbundne kar - fyldt

Åbnes afgangsventilen vil vandet begynde at strømme ud af systemet. Som nedenstående skitse viser, vil trykket falde i beholderne, hvilket er indikeret ved både tryk og trykkote.



Figur 2 - Forbundne kar - Åben afgangsventil

I følgende klassiske eksempel på, hvor det kan gå galt, er vi for en menheds skyld gået tilbage til forbundne kar med lukket afgangsventil, men nu er manometrene ikke længere monteret i samme højde. Et af manometrene er monteret 20 meter højere end de andre. Monteringskoten (højden mellem havniveau og manometeret) er derfor 50 moh i stedet for de tidligere 30 moh. Manometeret vil kun måle trykket af det vand, der ligger over den. Det betyder, at manometeret vil vise et væsentligt lavere tryk i røret, selvom trykforholdene reelt er det samme i alle kar og rør. I dette tilfælde viser manometeret 20 mVS i stedet for de tidligere 40 mVS.



Figur 3 - Forbundne kar - manometre i forskellige højder

For at komme denne problematik til livs, omregnes manometrenes visning til moh. På den måde er der altid styr på de reelle trykforhold i systemet.

Som tidligere nævnt gøres dette ganske simpelt ved at lægge monteringskoten til manometerets visning:

$$\text{Trykkoten [moh]} = \text{monteringskoten [moh]} + \text{manometervisningen [mVS]}$$

Som det også fremgår af skitsen, vil trykkoten på de 3 manometre være som følgende:

$$\text{Trykkote 1} = 30 \text{ moh} + 40 \text{ mVS} = 70 \text{ moh}$$

$$\text{Trykkote 2} = 30 \text{ moh} + 40 \text{ mVS} = 70 \text{ moh}$$

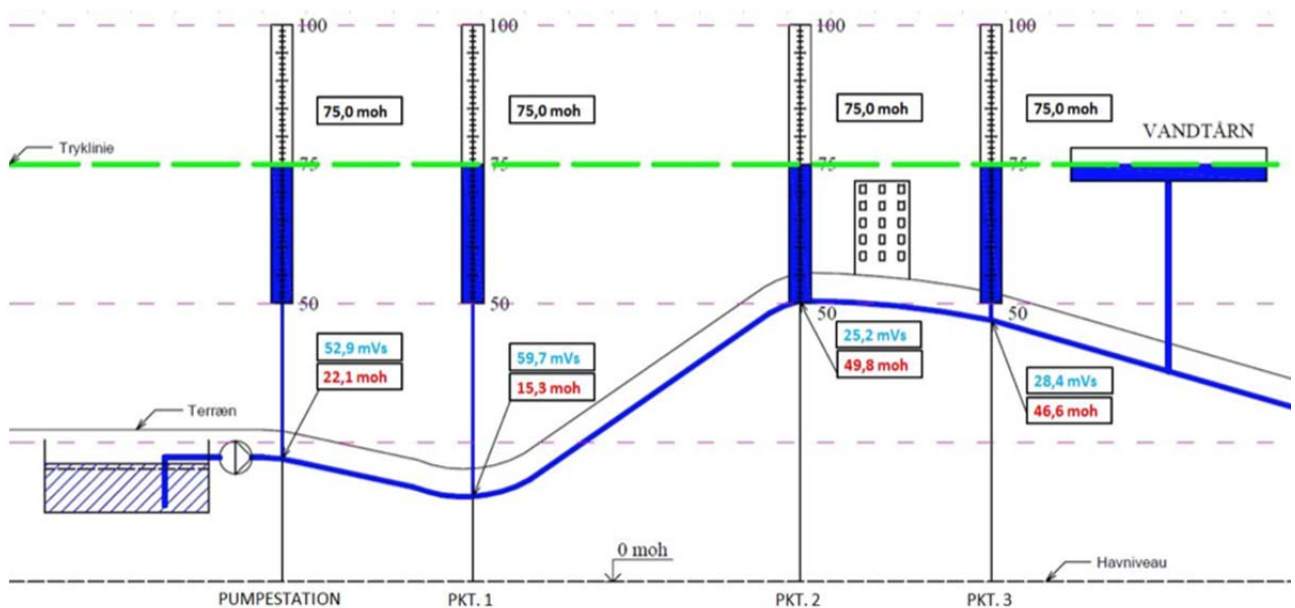
$$\text{Trykkote 3} = 50 \text{ moh} + 20 \text{ mVS} = 70 \text{ moh}$$

Når man taler om tryk i ledningssystemer er mVS en lige så diffus størrelse som fx bar, når den står alene. Her tages der nemlig ikke højde for, hvilke kote trykket måles i.

### 1.3 Eksempel på brug af tryk og trykkoter i vandforsyningen

Som et andet eksempel er der vist en vandforsyning med en række målepunkter ude i byen og med et vandtårn. Det skal bemærkes, at principperne nedenfor er de samme, uanset om man har et vandtårn i sin forsyning eller ej.

I de efterfølgende figurer er manometerens trykmåling vist med **blå skrift**, og deres monteringskote er vist med **rød**. De to tal lagt sammen giver trykkoten og er angivet med sort.



Figur 4 - Tryklinje uden forbrug og udpumpning

Hvis der ikke er noget forbrug i byen, og når vandværket står stille, vil trykket i systemet se ud som vist ved den grønne tryklinje. Trykket holdes vandret – altså samme trykkote – i vandtårnet og vil her have en trykkote på 75 moh. Da manometrene er monteret i forskellige højder, vil disse derfor vise nogle helt andre tal:

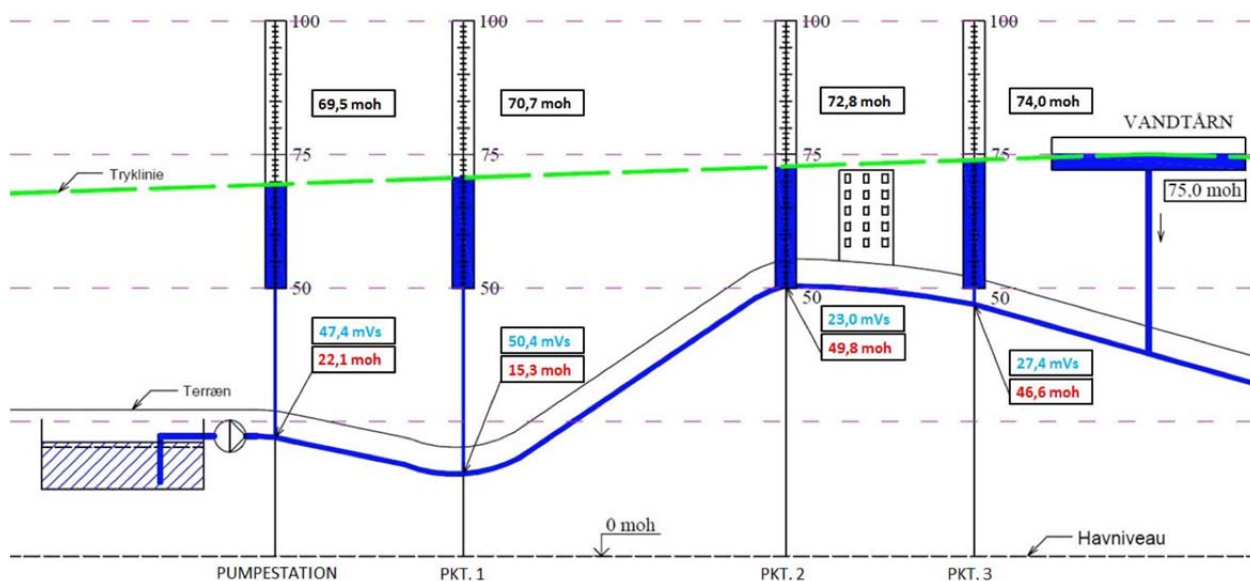
|               |          |
|---------------|----------|
| Pumpestation: | 52,9 mVS |
| Pkt. 1        | 59,7 mVS |
| Pkt. 2        | 25,2 mVS |
| Pkt. 3        | 28,4 mVS |

Fælles for målingerne er, at uden monteringskoten fortæller de ikke noget brugbart andet end, at der er et tryk i ledningen. Bemærk, hvordan tryklinjen er konstant, og hvordan selve manometrenes visning ikke giver nogen sammenhængende mening.

Omregnes trykkene til trykkoter ser det således ud:

|               |                       |        |
|---------------|-----------------------|--------|
| Pumpestation: | 52,9 mVS + 22,1 moh = | 75 moh |
| Pkt. 1        | 59,7 mVS + 15,3 moh = | 75 moh |
| Pkt. 2        | 25,2 mVS + 49,8 moh = | 75 moh |
| Pkt. 3        | 28,4 mVS + 46,6 moh = | 75 moh |

Begynder forbrugerne at bruge vand, mens vandværket står stille, vil trykket så småt begynde at falde – ligesom i eksemplet med de forbundne kar (Figur 2).

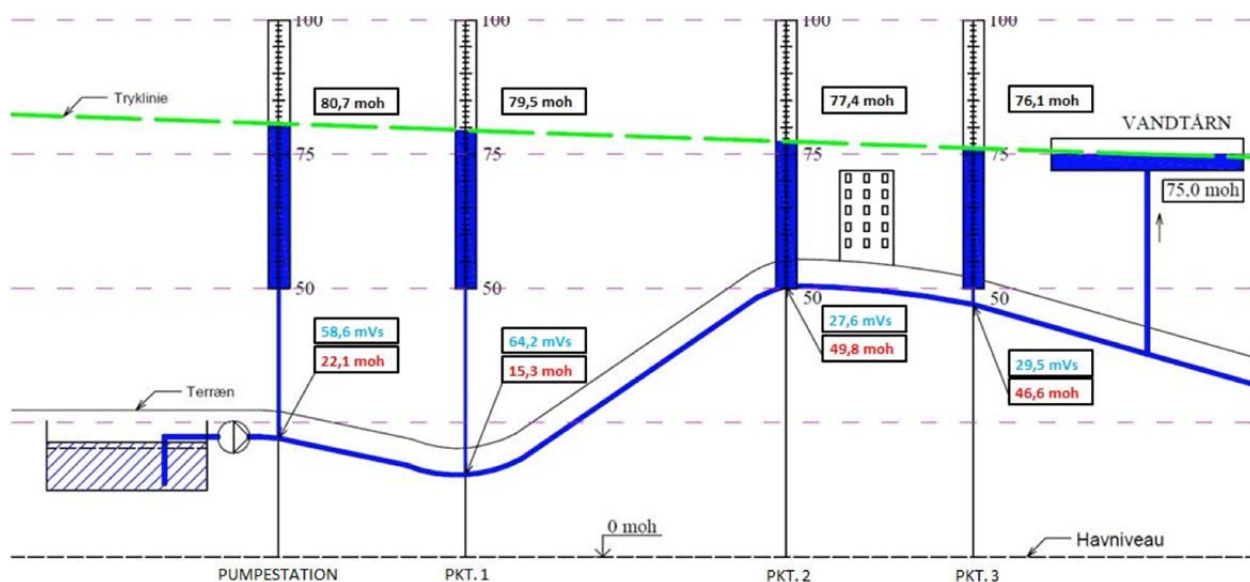


Figur 5 - Tryklinje ved forbrug uden udpumpning

På et tidspunkt vil den grønne linje komme under forbrugerne i huset (mellem pkt. 2 og 3), og de vil ikke være i stand til at få mere vand ud af deres haner. Derfor bliver vandværket nødt til at starte udpumpningen for at opretholde trykket i systemet, så alle forbrugere har et tilstrækkeligt tryk i hanerne.

Det er derfor vigtigt at kende koten på husets højest beliggende tapsted. Trykkoten i ledningsnettet bør altid være 8-15 mVS højere.

Som vist på Figur 6, skal vandværket pumpe ud med en højere trykkote, før vandtårnet kan fyldes, og sikre at forbrugerne på øverste etage også kan få vand.

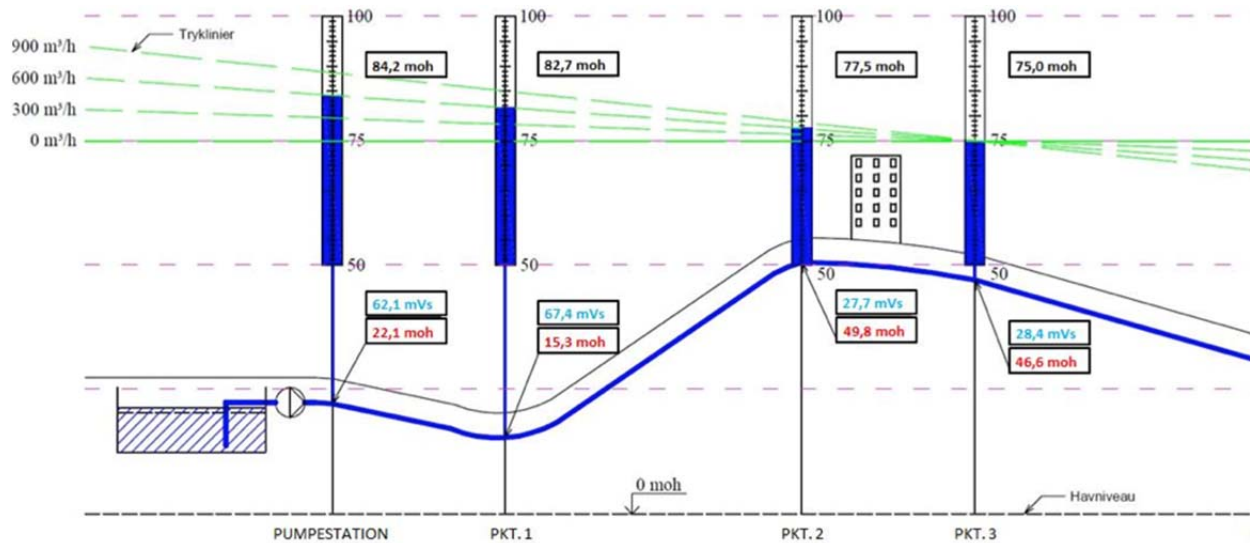


Figur 6 - Tryklinje ved forbrug og udpumpning

Hvis der ikke er vandtårn i forsyningsområdet, skal trykket styres efter et andet punkt. Oftest er det selve vandværket. Men, hvis der i forsyningsområdet er fjernt og højt beliggende forbrugere, er det bedre at styre i forhold til dette punkt i stedet.

På Figur 7 er vist et eksempel, hvor der udpumpes med forskellige vandmængder (fra 0 til 900 m<sup>3</sup> i timen), og hvor forsyningstrykkoten hos forbrugerne minimum skal være ca. 75 moh. Tryklinjerne viser, at desto større vandmængden er, desto højere skal udpumpningstrykket fra vandværket være, før trykkoten – og dermed trykket – bliver tilstrækkeligt højt hos forbrugeren.





Figur 7 - Tryklinjer ved forskellige udpumpet vandmængder

Der er adskillige gode grunde til at udskifte sine gamle (såvel som nye) manometre, så de måler efter mVS. Men selvom man bruger mVS som sin foretrukne måleenhed, kan man dog stadig konkludere, at mVS-måleværdien alene ikke er nok. Derfor er det vigtigt, at monteringskoten bliver målt nøjagtigt op, så trykket kan omregnes til trykkote. Hvis ikke man allerede kendes en referencekote i vandværket, bør man få en landinspektør ud, som kan fastlægge en referencekote og indmåle manometrene.