Løsningsforslag til Øving 6:

Oppgave 1:

a) Minimum-tid (dvs. tid dersom dataavhengigheter ikke eksisterer) $= k + (M - 1)$.

Forventet forsinkelse pr. instruksjon gitt at dataavhengighet virkelig eksisterer $= \sum_{n=1}^{L} p_n \tau_n$.

Forventet forsinkelse pr. instruksjon når det ikke forutsettes noe om hvorvidt den aktuelle instruksjon har dataavhengighet til forgjengere $= p_d \sum_{n=1}^{L} p_n \tau_n$.

Forventet total forsinkelse $= M p_d \sum_{n=1}^{L} p_n \tau_n$.

Forventet utførelsestid for de M instruksjonene:

$$T = \text{minimum-tid} + \text{total forsinkelse}$$

$$= k + (M-1) + M p_d \sum_{n=1}^{L} p_n \tau_n = k + (M-1) + M p_d (k \sum_{n=1}^{k} p_n - \sum_{n=1}^{k} n p_n).$$

Nå er

$$\sum_{n=1}^{k} p_n = \sum_{n=1}^{k} \frac{1}{L} = \frac{k}{L}$$

og

$$\sum_{n=1}^{k} n p_n = \sum_{n=1}^{k} \frac{n}{L} = \frac{k(k+1)}{2L}$$

slik at

$$\underline{T} = k + (M-1) + M p_d (\frac{k^2}{L} - \frac{k(k+1)}{2L}) = \underline{k + M - 1 + M p_d k \frac{k-1}{2L}} \quad .$$

b) Ytelsen:

$$\frac{M}{T} = \frac{M}{k + M - 1 + M p_d k \frac{k-1}{2L}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{k-1}{M} + p_d k \frac{k-1}{2L}}$$

$$\Downarrow$$

$$\underline{P} = \lim_{M \to \infty} \frac{M}{T} = \underline{\frac{1}{1 + p_d k \frac{k-1}{2L}}}$$

Oppgave 2:

Vi skal sammenligne hastighetsøkningen for en superpipeline, en superskalar og en superpipeline og superskalar maskin med en skalar maskin med $T(1,1) = k + N - 1$.

Superpipeline: For en "super"-samlebåndet (Eng.: superpipelined) prosessor av grad n vil syklustiden for samlebaandet være $\frac{1}{n}$ av base syklus til den skalare prosessoren.

Minimum tid som trengs for åutføre N instruksjoner for en super-samlebåndet maskin av grad n med k steg i samlebåndet vil bli:

$$T(1,n) = k + \frac{1}{n}(N-1)(basesykluser)$$

Dermed vil maksimal hastighetsøkning bli:

$$S(1,n) = \frac{T(1,1)}{T(1,n)} = \frac{k+N-1}{k+(N-1)/n} = \frac{n(k+N-1)}{nk+N-1}$$

Hastighetsøkningen $S(1,n) \rightarrow n$, når antall instruksjoner, $N \rightarrow \infty$.

Superskaler:

For en "super"-skaler prosessor, som henter m instruksjoner samtidig, vil ideel utførelsestid være:

$$T(m,1) = k + \frac{N-m}{m}(basesykluser)$$

hvor k er tiden som trengs for åutføre de første m instruksjonene gjennom samlebåndet, og $\frac{N-m}{m}$ er tiden for de N-m gjenstående instruksjonene, hvor m utføres pr. syklus.

Den ideelle hastighetsøkningen for dette tilfellet vil bli:

$$S(m,1) = \frac{T(1,1)}{T(m,1)} = \frac{k+N-1}{N/m+k-1} = \frac{m(k+N-1)}{N+m(k-1)}$$

Hastighetsøkningen $S(m,1) \rightarrow m$, når antall instruksjoner, $N \rightarrow \infty$.

Superpipeline og superskalar:

For en "super"-skalar, "super"-samlebåndet prosessor får vi:

$$T(m,n) = k + \frac{T(1,1)}{T(m,n)} = \frac{k+N-1}{k+(N-1)/(mn)} = \frac{mn(k+N-1)}{mnk+N-m}$$

Hastighetsøkningen $S(m,n) \rightarrow mxn$, når antall instruksjoner, $N \rightarrow \infty$

En skalar prosessor på25 Mhz, henter 1 instruksjon pr. syklus, og har $(m,n) = (1,1)$.

DEC's Alpha prosessor DEC 21064-A, 150 MHZ, henter maskimalt to instruksjoner pr. syklus. Den har en syklustid som er $150Mhz/25MHz = 6$ ganger det skalare tilfellet, og får $(m,n) = (2,6)$.

Noe upresist kan vi derfor påståat DEC's Alpha prosessor er $mxn = 2x6 = 12$ ganger raskere enn en prosessor på25 Mhz.