

## 교통소음에 의한 수면방해에 관한 연구

장호경

경산대학교 물리학과

### 초 록

수면의 방해는 대부분의 소음 연구에서 고려되는 여러 요소 중의 하나이다. 수면동안 소음에 노출 되었을 때 수면 단계에 따른 일반적 인간의 응답이 조사되었다. 그리고 깊은 수면율과 잠을 깨는 비율에 대한 연속적인 교통 소음의 효과가 연구되었다.

### 1. 서 론

도시화와 산업화로 대규모 공장이 많이 건설되고, 차량이 증가함으로써 소음은 우리의 생활에 밀접한 영향을 미치고 있다. 최근 교통수요의 급격한 증가와 자동차의 대형화 그리고 고속화가 됨으로서 교통소음의 발생량은 날로 증가하고 있다. 도로 교통에 의해 발생하는 주된 소음원은 차량소음과 철도소음등이다.<sup>(1, 2)</sup>

과다한 소음에 폭로 되었을 경우 인체에 미치는 효과는 다양한 형태로 나타난다.<sup>(3, 4)</sup> 그중 청력손실(hearing loss)은 일시난청(temporary threshold shift)과 오랜 기간 사이에 소음 폭로가 되풀이 됨에 따라 일어나는 영구난청(permanent threshold shift) 그리고 청력결함(hearing handicap or hearing impairment)등이 있다. 명료지표(articulation index)와 음성 수단으로 서로 대면하는 화자와 수음자 사이의 거리에 관련된 우선회화방해레벨(preferred speech interference level)등으로 측정되는 대화방해(speech interference) 요소도 있다. 수면방해(sleep interference)로는 사람의 생리적 수면의 단계가 소음의 영향으로 인해 어떤 단계에서 또다른 어떤 단계로 변화되거나 잠을 깨는 경우등이 있다.<sup>(5-8)</sup> 소음에 의한 시달림(annoyance)은 소음원에 대한 개인감정, 성격과 직업등의 개인 특성에 따라 복잡하고 다양한 형태로 달라진다.<sup>(2, 9)</sup> 소음에 의한 작업방해(task interference)로는 총 작업량의 저하보다는 작업의 정밀도를 저감하기 쉽다.<sup>(10)</sup> 또한 충격소음(impact noise)은 정상소음(steady-state noise)에 비해서 단순작업보다 정보의 수집및 판단등을 필요로 하는 복잡한 작업에서 방해가 크다. 기타 소음에 의한 인체에 미치는 영향은 소음에 지나치게 폭로되면 생리적으로 긴장이 가중되며, 정신질환, 순환기 계통의 질병을 유발할 수 있다.<sup>(3, 11)</sup>

소음의 영향에 의한 수면방해(sleep disturbances)의 원인으로는 크게 소음원의 특성과 인간 개인특성으로 나누어 진다. 소음원의 특성은 소음의 세기(intensity), 변동정도, 주파수 스펙트럼(frequency spectrum), 소음에 폭로 되는 시간등 소음현상 그 자체의 물리적 의미이다.<sup>(12)</sup> 인간의 개인특성은 구분자체는 뚜렷하지 않지만 청감특성, 누적된 수면, 연령, 성별, 개인의 건강상태등의 생리적 특성과 직업, 교육정도, 취미 등의 개인의 심리적 반응차에 의한 심리적 특성으로 구분 된다.<sup>(13-16)</sup> 본 연구에서는 교통소음의 물리적 특성과

평가방법 그리고 수면의 단계변화와 수면에 미치는 교통소음의 방해등을 문헌적으로 다루었다.

## 2. 소음의 청감보정

Fig.1은 소음폭로라는 물리자극에 대한 인간계의 반응모델이다. 소음자극에 대한 반응과정은 먼저 소리라는 물리적 자극이 인간에게 미치면 외이, 중이, 내이로 구성된 청각기구를 통해 감각(sensation)이란 형태로 나타난다. 다음은 몇개의 소리의 조합을 지각(perception)하며, 지각 단계에서는 내포된 음향신호가 갖는 뜻 즉 정보를 알지는 못한다. 반응이 더 계속되면 이것이 음악인지, 언어인지 음향신호가 갖는 뜻을 인식(recognition)하고, 음향신호가 갖는 회노에락의 반응이 정서(emotion)란 형태로 나타난다.<sup>(4, 11)</sup>

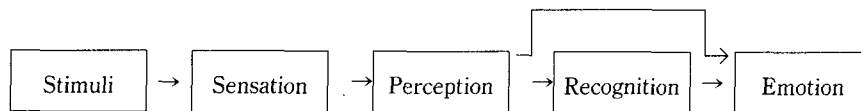


Fig.1 Model of human response for sound stimuli

소리의 물리적인 세기(intensity)인 음압과 청감과의 관계는 성별이나 나이 뿐만 아니라 개인 차도 크다. 일반적으로 대부분의 사람들은 1000~5000Hz에서 가장 감도가 좋으며, 낮은 주파수와 높은 주파수의 소리에 대해서는 감도가 낮게 느껴진다. 따라서 각 주파수의 음압과 감각이 비례하지 않기 때문에, 1000Hz 순음의 크기레벨에 대한 그 음의 크기레벨의 주관적 비교에 의하여 감각적으로 같게 들리는 소리의 강도를 나타낸 단위가 바로 폰(phon)이다. Fig.2는 순음에 대한 등가음의 크기곡선(equal loudness contours)이다. 최소가청치(threshold of hearing)는 사람이 귀로 최소한 들을 수 있는 자유음장내 음압을 말하며, 주파수와 함수관계가 있다. 정상 청력을 가진 사람의 최소가청치는 거의 0 dB에 달한다. 최대가청치(threshold of pain)는 135~140 dB이다.<sup>(11, 12)</sup>

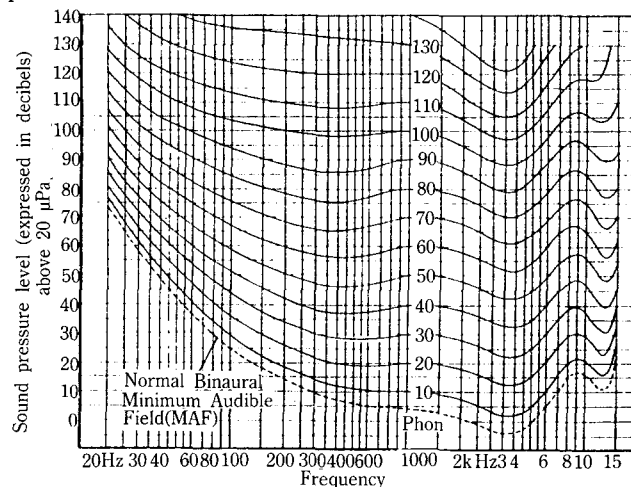


Fig.2 Normal equal loudness contours for pure tones

Fig.3은 소음레벨(sound level)의 측정시 적용된 청감보정곡선(weighting networks)이며, 보정된 소음레벨은 인간의 귀에 대한 소음영향의 더 나은 주관적 평가를 위해 개발되었다. A-청감보정곡선은 55dB 이하 레벨에, B-청감보정곡선은 55~85dB에, 그리고 C-청감보정곡선은 85dB 이상에 맞게 설계되었다. 특히 A-청감보정곡선이 청력손실 및 시끄러움의 관점에서 가장 많이 사용된다.<sup>(3, 15)</sup>

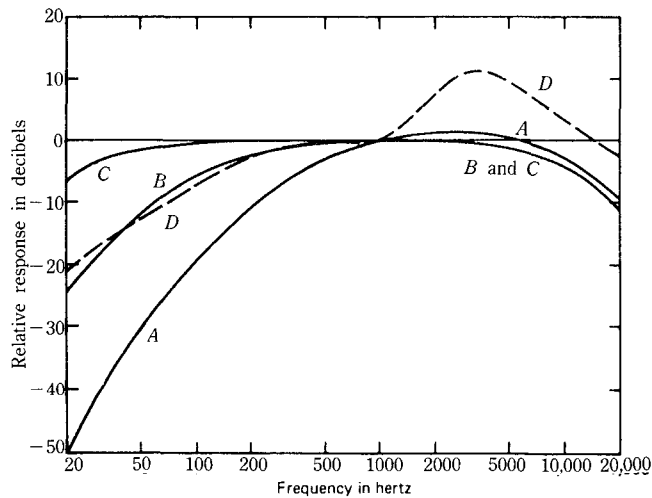


Fig.3 Standard weighting networks for the sound level meter

도로교통소음등 변동이 심한 소음의 평가에서는 소음 에너지를 시간적 평균치의 대수 변환으로 나타내는 에너지 동가소음레벨(energy equivalent sound level :  $L_{eq}$ )과 ISO에서 권장하는 교통소음지수(Traffic noise index : TNI)등을 이용한다.<sup>(3, 4, 9)</sup>

$$L_{eq} = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n f_i 10^{L_i/10} \right) \quad (1)$$

$f_i$ 는 일정레벨  $L_i$ 에서의 시간율이며,  $L_i$ 는 일정시간 간격으로 측정된  $i$ 번째 소음레벨이다.

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{10} - 30 \quad (2)$$

$L_{10}$ 과  $L_{90}$ 은 시간율소음레벨(percent of time a noise level)로  $L_{10}$ 은 전 샘플시간의 10%를 초과하는 소음레벨이며,  $L_{90}$ 은 전 샘플시간의 90%를 초과하는 소음레벨이다.

### 3. 수면의 단계(sleep stages)

소음의 영향으로 우리의 수면이 어떤 단계에서 또 다른 어떤 단계로 변화되거나 잠을 깨는 경우이다. 소음에 의해 수면에서 깨는 것은 소음도와 사람의 개성에 관련되는 몇 가지 요인 때문이며, 그러한 요인에는 소음의 세기, 변동 정도, 수면의 깊이, 잠을 깨는 개인적 동기, 누적된 수면, 성급한 수면상실 및 연령, 성별등의 개인차가 포함된다. 그리고 변동 소음은 정상소음(steady-state noise)보다 잠에서 깨기가 쉽다.<sup>(5, 6)</sup>

수면동안 소음에 노출 되었을 때, 인간의 응답을 결정하기 위하여 뇌파전위기록장치(ele-

ctroencephalogram : EEG)를 이용하여 뇌파를 기록하여 수면의 단계와 영향을 분류하는 방법과 소음폭로 후 다음날 아침 설문서(questionnaire) 통하여 수면의 만족도와 느낌을 평가하는 방법이 있다. 19-24살인 6명의 사람에 대하여 한 채널의 EEG 을 이용하여 가정에서 실험이 이루어 졌으며, EEG의 결과는 Fig.4, Fig.5에서처럼 나타났다.<sup>(13)</sup>

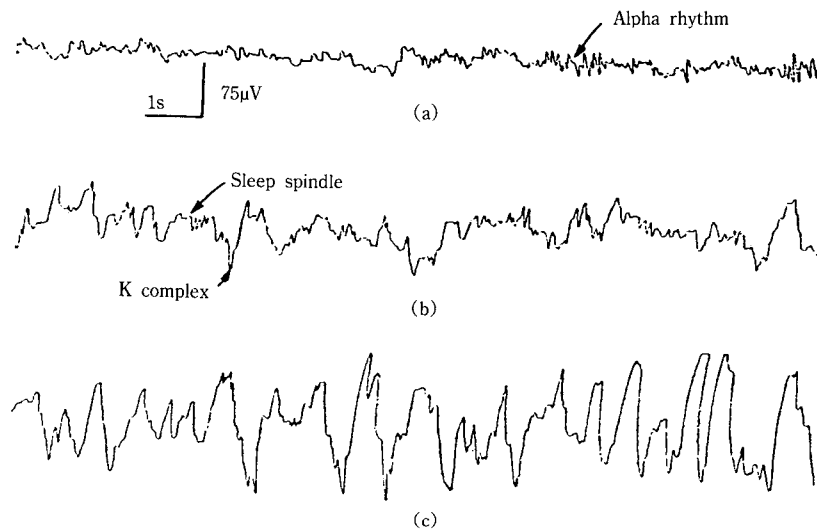


Fig.4 Electronencephalograms of the subject : (a) stage 1 sleep followed by a rhythm indicating subject is awake : (b) stage 2 sleep, sleep spindle, and K complexes : (c) stage 3 sleep on left-hand side becoming stage 4 sleep.

시험된 사람의 생리적 수면 정도는 졸리는 단계에서부터 깊은 수면단계까지 크게 4단계로 나누어진다. Fig.4 (a)에서처럼 1단계수면은 2 Hz-7 Hz 에서 두드러진 활동을 하는 혼합된 주파수로 EEG 기록은 Alpha파가 나타나며, 상대적으로 저전압의 성격을 지닌 수면 단계이다. 1단계수면은 깨어있는 상태와 2단계수면 사이의 짧은 수면기간이다. Fig.4(b)는 혼합된 주파수 EEG로서, 12 Hz-14 Hz에서 sleep spindle 과 K complex 가 발견됐다. 여기서 K complex는 수면의 50%을 차지하는 가장 긴 단계이다. 이 때 급속한 눈동자 동요와 Beta 파가 나타난다. Fig.(c)에서의 3 단계수면은 75µV보다 큰 진 폭을 가지고 2 Hz이하의 주 파수를 가지는 slow wave와 Delta 파가 나타나며, 적어도 20%-50%을 차지하는 깊은 수면단계이다. 4단계수면은 75µV을 초과 하면서 Delta 파가 50%를 차지한다. 그리고 REM (rapid eye movement)단계는 눈 운동이 수반되고 sleep spindle 과 K complex 대신 툽니파와 Alpha파 활동이 나타났다.또한 W(wakefulness)단계는 8 Hz-10 Hz 범위에서 상당히 불규칙적이고, 혼합된 주파수 활동을 띤 저전압 상태였다.<sup>(6, 7)</sup>

Fig.5 는 보통사람이 하루 밤사이에 생기는 다양한 수면 단계로서 깊은 수면 단계는 전밤야에 일어나며, REM 수면은 간헐적으로 밤의 나머지 1/2 시간에 발생한다.

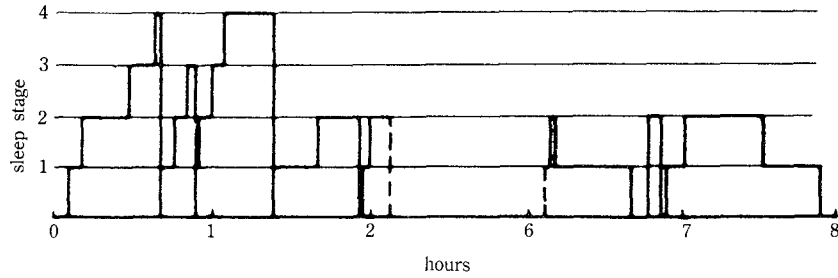


Fig.5 Progression of sleep stages for one subject during early and final parts of the night

#### 4. 수면에 미치는 교통소음의 효과

교통소음의 현황을 살펴보면, 1980년도에 OECD 가맹국 인구의 15%(1억명 이상)가 주간 교통소음으로 옥외생활 한계소음도인 65Leq.dB(A)이상에 폭로되었다. 한국의 경우 주요도시 도로변지역 소음도가 소음환경기준을 상당히 초과하고 있어 생활환경을 저해하고 있다. 교통소음에 의한 수면의 방해요소는 음의 물리적 성질과 소음에 의한 감각적, 심리적 영향을 모두 다루어야 한다.<sup>49)</sup>

큰소음과 작은 소음이 있는 시끄러운 밤을 두 집단에 교대로 부가하여 깊은 잠의 백분율, 평균 잠자는 시간, 잠을 깨는 수, 잠의 도입시간, 소음에 대한 적응도등을 조사하여 두 집단에서 비교하였다. 조용한 밤에 이용된 배경소음(steady background noise)은 A-보정된 32 dB로서 공기 조절 장치(air conditioning system)에서 발생하는 소음이며, 연속적인(conti-

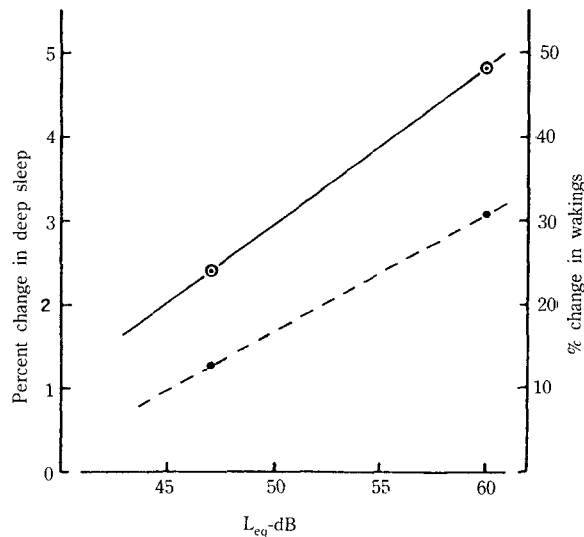


Fig.6 The open circles show percentage change in the average fraction of deep sleep experienced when traffic noise at 47 and 60 dB was introduced into the bedroom. The right ordinate applies to the lower points showing the percentage change in the number of wakings. The lines merely join their respective points.

nuous) 소음은 복잡한 거리에서 녹음되었다. 실험에 사용된 소음레벨은 A-보정된 47 dB과 60 dB로서 각각 14 명의 한 집단과 12 명의 또다른 집단에 교대로 부여 되었다. 앞 이마에 부착된 EEG(electroencephalograph)는 초당 약 6mm의 테이프 속도를 가진 변경된 진폭-변조 테이프 기록기에 기록된다. 실험 대상자들은 잠을 깬 때마다 침대 옆의 버턴을 눌러 부가적 매개변수와 정상적 수면동안 가능한 방해물 평가하는데 도움을 제공한다.<sup>(8)</sup>

두 집단에 대한 비율을 평균 도로교통소음레벨의 함수로서 Fig.6에 나타냈다. 소음레벨이 10 dB 증가할 때 깊은 수면율의 변화는 1.8 %의 증가를 보였다. 그러나 개별적인 차이는 크기 때문에 12 명의 집단을 대표적인 표본으로 간주하는 데에 주의해야만 한다. 비소음 조건일 때 두 집단에서 평균 깊은 수면율이 각각 63.6%, 67%의 차이가 나타난다. 그리고 한 집단은 단지 젊은 사람으로 구성되어 있다.<sup>(8)</sup>

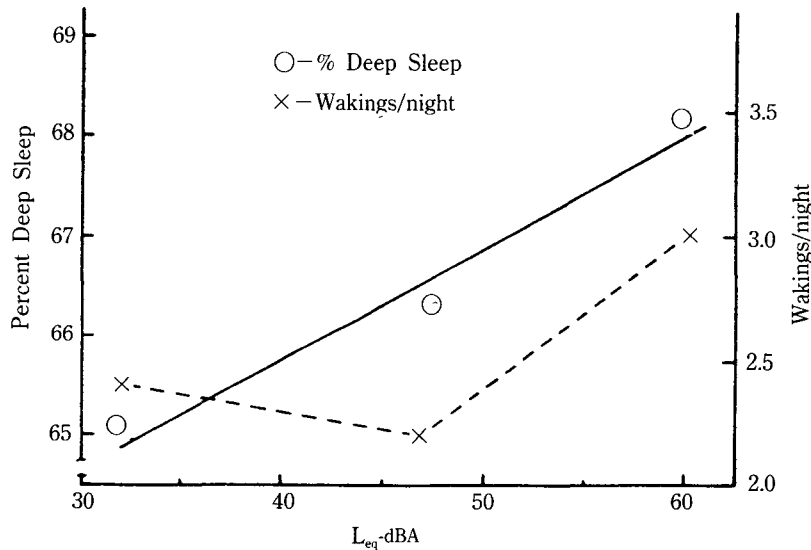


Fig.7 Using only the three subjects that were common to both group one and two, three points were obtained on the graph, the first point being for the level of 32 dB due to the air conditioner. Again the open circles indicate percentage deep sleep while the crosses show number of wakings.

잠을 깨는 수는 역시 교통소음의 증가와 더불어 증가하였으며, 증가비율은 Fig.7에 나타났다. 두 선의 기울기가 비슷하나 종좌표가 다르기 때문에 중요하지 않다. 역시 개별적 차이는 크다. 평균 잠을 깨는 수의 증가는 교통소음이 47 dB 일때 12.7% 이다. 소음레벨이 10 dB 증가할 때 깨는 수의 증가는 14%인 것을 보여 준다.

26명에 대한 연구는 평균적으로 교통 소음레벨이 47과 60dB일 때 깊은 수면의 비를 증가시키는 원인이었으며, 잠을 깨는 수는 증가하였다. 평균수면 착수의 잠재(latency)는 소음에 의해서 영향을 받지않고 실험실 환경에 의해서 좌우된다. 그러나 개별적인 차이가 크게 나타남으로 개개인에 대한 장기간의 심도있는 연구가 필요하다.<sup>(7, 15, 16)</sup>

## 5. 결 론

수면손실에 대한 장기영향은 건강유해 측면에서 알려져 있지 않으나 빈번한 수면방해는 건강에 유해하다. 왜냐하면 좋은 수면에 의하여 영향이 충만되고 새로운 에너지로 신체 기관이 회복되기 때문이다. 교통소음에 의한 수면방해는 소음공해의 중요한 문제중의 하나이다. 수면의 단계와 소음의 크기에 대한 깊은 잠의 수면율과 잠을 깨는 율에 대하여 문헌조사한 결과 수면에 대한 소음의 영향은 크게 존재하며, 또한 개인차가 큰 것을 확인하였다. 소음원의 특성은 물리적인 수량과 척도로 표현하는 것은 가능하다. 그러나 생리적특성과 심리적 특성은 그 구성요인의 태반이 수량적으로 표현하는 것이 불가능하며, 소음폭로에 따른 개인적 반응의 차가 크게 존재한다. 그러므로 다수의 피험자를 이용한 실험으로 소음도와 사람의 개성에 관련되는 몇 가지 요인에 대한 정성적, 정량적 통계적 상관관계를 밝혀 수면에 대한 소음의 방해의 척도를 마련하는 것이 바람직하다.

## 참고문헌

1. M.Vernet, "Effect of train noise on sleep for people living in houses bordering the railway line", *J.Sound Vib.*, 66(3), 483-492(1979)
2. M.Vernet, "Comparison between train noise and road noise annoyance during sleep", *J.Sound Vib.*, 87(2), 331-335(1983)
3. J.R.Hassall and K.Zaveri, "Acoustic noise measurements", B&K(1979)
4. 정일록, "소음, 진동학", 신광출판사(1989)
5. D.C.Stevenson and N.R.McKellar, "The effect of traffic noise on sleep of young adults in their homes", *J.Acoust.Soc.Am.*, 85(2), 768-771(1989)
6. J.L.Eberhardt and K.R.Akselsson, "The disturbance by road traffic noise of the sleep of young male adults as recorded in the home", *J.Sound Vib.*, 114(3), 417-434(1987)
7. J.L.Eberhardt, L.O.Strale and M.H.Berlin, "The influence of continuous and intermittent traffic noise on sleep", *J.Sound Vib.*, 116(3), 445-464(1987)
8. G.J.Thiessen and A.C.Lapointe, "Effect of continuous traffic noise on percentage of deep sleep, waking, and sleep latency", *J.Acoust.Soc.Am.*, 73(1), 225-229(1983)
9. 김양근, "교통소음의 현황과 그 저감대책", *한국음향학회지* 9(2), 70-72(1990)
10. 강성훈, Ando.Y, 차일환, "너의 좌반구와 우반구의 작용에 미치는 음의 서로 다른 영향", *한국음향학회지*, 6(2), 4-14(1987)
11. G.J.Thiessen, "Effect of traffic noise on the cyclical nature of sleep", *J.Acoust.Soc.Am.*, 84(5), 1741-1743(1988)
12. D.E.Hall, "Basic acoustics", John Wiley(1987)
13. R.T.Wilkinson and K.B.Campbell, "Effects of traffic noise on quality of sleep : Assessment by EEG, subjective report, or performance to next day", *J.Acoust.Soc.Am.*, 75(2), 468-475(1984)
14. B.Griefahn and E.Gros, "Noise and sleep at home, a field study on primary and after-effects", *J.Sound Vib.*, 105(3), 373-383(1986)
15. M.Vallet, J.M.Gagneux, V.Blanchet, B.Favre and G.Labiale, "Long term sleep disturbance due to traffic noise", *J.Sound Vib.*, 90(2), 173-191(1983)
16. R.T.Wilkinson, "Disturbance of sleep by noise : individual differences", *J.Sound Vib.*, 95(1), 55-63(1984)

## Disturbance of Sleep by Road Traffic Noise

Ho-Gyeong Chang

Department of Physics, Kyungsan University

### Abstract

The disturbance of sleep is usually only one of many factors considered in most studies of noise. When exposed to noise during sleep, the general response of human according to stages of sleep is investigated. The percentage of deep sleep and the number of wakings are studied for continuous traffic noise.